

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**FILIAL JAÉN**



**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. PROVENIENTE DEL BOSQUE TROPICAL ESTACIONALMENTE SECO DE JAÉN, CAJAMARCA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**DIANA MEDALY CASTILLO LIZANA**

**ASESOR**

**ING. LEIWER FLORES FLORES**

**JAÉN – PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962  
"Norte de la Universidad Peruana"  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**  
**FILIAL JAÉN**  
Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080  
JAÉN - PERÚ



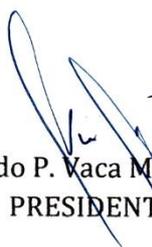
## ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los once días del mes de diciembre del año dos mil veinte, se reunieron en el **Ambiente virtual a través de la herramienta del Google meet**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 113- 2020-FCA-UNC, de fecha 16 de octubre del 2020, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. PROVENIENTE DEL BOSQUE TROPICAL ESTACIONALMENTE SECO DE JAÉN, CAJAMARCA"**, ejecutado(a) por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Doña DIANA MEDALY CASTILLO LIZANA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **quince** horas y **diez** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **aprobación** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **Quince** (15); por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **dieciséis** horas y **cincuenta** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 11 de diciembre de 2020

  
Dr. Segundo P. Vaca Marquina  
PRESIDENTE

  
Mtblga. M.C. Marcela Arteaga Cuba  
SECRETARIO

  
Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado  
VOCAL

  
Ing. Leiwel Flores Flores  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

La presente investigación se la dedico a mi madre, Flor Idelsa Lizana Yajahuanca, por ser mi motivo de superación en la vida y enseñarme la paciencia como una gran virtud.

A mi padre Wilder Castillo Chavarry, por enseñarme en cómo afrontar cada circunstancia de la vida.

A mis hermanos Darwin, Aracely, Alex, Frank e Ingrid, por ser quienes me impulsan a obtener lo mejor de mí para seguir adelante.

*Diana*

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios, por estar en cada uno de mis días, y permitirme llegar hasta aquí y conseguir lo que he anhelado por mucho tiempo.

A Wilder Castillo Chavarry, mi padre, porque al inicio de mi vida, me mostró la forma más exacta de superación y por su apoyo incondicional en cada paso educativo.

A mi hermano Darwin Wilder Castillo Lizana, por cuidarme y llevarme consigo al desarrollo profesional que hemos alcanzado hasta ahora.

A mi asesor Leiwier Flores Flores, por su tiempo y dedicación a cada consulta para la elaboración, ejecución y resultados de esta tesis.

A mis maestros de esta prestigiosa casa universitaria, por su forma de transmitir sus enseñanzas e instruirnos en cada curso de una manera única.

A cada uno de mis familiares y amigos por sus insaciables recordatorios de la culminación de este proyecto de mi vida.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Definición de términos básicos	32
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	35
3.1. Ubicación de la investigación	35
3.2. Materiales	36
3.3. Metodología	36
3.3.1. Trabajo de campo	36
3.3.2. Trabajo de gabinete	44
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1. Resultados	45
4.2. Discusiones	54
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones	58
5.2. Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO VII: ANEXOS	66

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros de evaluación de los tratamientos	43
Tabla 2. Análisis químico de suelo proveniente del sitio de colección del material vegetativo.	44
Tabla 3. Análisis químico del humus de lombriz	45
Tabla 2. Análisis de varianza para la variable número de raíces según su interacción al tipo de sustrato	46
Tabla 3. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable número de raíces por tratamiento	47
Tabla 4. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces según su interacción al tipo de sustrato	48
Tabla 5. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable longitud de raíces por tratamiento	49
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable de sobrevivencia en enraizamiento según su interacción al tipo de sustrato	50
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable número de brotes según su interacción al tipo de sustrato	52
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes según su interacción al tipo de sustrato.	53
Tabla 9. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable longitud de brotes por tratamiento	53
Tabla 10. Comparación de las variables evaluadas por tratamientos	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama floral de Cactaceae (Mostacero et al. 2009)	25
Figura 2. Fórmula floral de Cactaceae (Mostacero et al. 2009)	26
Figura 3. Mapa de ubicación de la investigación	35
Figura 4. Plantas madres en el ACP "Gotas de Agua"	36
Figura 5. Selección de esquejes	37
Figura 6. Corte y desinfección de esquejes	37
Figura 7. Esquejes desinfectados expuestos al aire libre y bajo sombra	38
Figura 8. Parcela experimental de madera	38
Figura 9. Mezcla y desinfección de sustratos	39
Figura 10. Siembra de esquejes en las unidades experimentales	39
Figura 11. Proporciones de sustratos utilizados	40
Figura 12. Diseño del experimento	41
Figura 13. Diseño de la unidad experimental	41
Figura 14. Esquejes enraizados del T1 y T2	42
Figura 15. Medición de las raíces con escalímetro	42
Figura 16. Conteo de brotes en la primera evaluación (T3)	43
Figura 17. Medición de brotes con escalímetro	43
Figura 18. Promedio de número de raíces según la interacción de los tratamientos.	46
Figura 19. Promedio de longitud de raíces según la interacción de los tratamientos	48
Figura 20. Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento según la interacción de los tratamientos	50
Figura 21. Promedio de número de brotes según la interacción de los tratamientos.	51
Figura 22. Promedio de longitud de brotes según la interacción de los tratamientos	52
Figura 23. Comparación de las variables evaluadas por tratamiento	54

## ANEXOS

Anexo 1. Certificación de la identificación botánica

Anexo 2. Análisis fisicoquímico del suelo

Anexo 3: Certificado de ensayo de análisis químico del suelo y humus de lombriz

Anexo 4: Glosario de términos

Anexo 5: Cuadros de evaluación

Anexo 6: Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable número de raíces en el software SAS 9.4.

Anexo 7: Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable longitud de raíces en el software SAS 9.4.

Anexo 8: Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento en el software SAS 9.4.

Anexo 9: Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable número de brotes en el software SAS 9.4.

Anexo 10: Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable longitud de brotes en el software SAS 9.4.

Anexo 11: Panel fotográfico

## RESUMEN

La propagación vegetativa por esqueje es uno de los métodos utilizados en la familia Cactaceae. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el grado de resistencia de los esquejes de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. cactus nativo del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Jaén, frente al tipo de sustrato utilizada, que es adecuado para mejorar la propagación vegetativa de esta especie. Se utilizaron los tratamientos: T1 (tierra del lugar de colección), T2 (arena gruesa), T3 (arena gruesa + Humus de lombriz), T4 (tierra del lugar de colección + humus de lombriz + arena gruesa), en una proporción de uno para cada uno de los componentes; se utilizaron esquejes de 15 cm. Luego del establecimiento de los esquejes, el registro de observaciones se realizó después de un periodo de 45, 70 y 95 días. El tratamiento T2 (arena gruesa) es el sustrato más adecuado para el proceso de enraizamiento de raíces, con un promedio de 4 raíces por esqueje y 9.58 cm de longitud promedio de raíces; con una sobrevivido del 100 % en este tratamiento. El tratamiento T3 (arena gruesa + Humus de lombriz), favoreció la emisión y vigorosidad de los brotes con un promedio de 18.05 cm. Asimismo, la propagación vegetativa mediante esquejes es viable para el *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. utilizando sustratos que faciliten el drenaje del agua.

**Palabras clave:** propagación vegetativa, *Cleistocactus tenuiserpens*, BTES.

## ABSTRAC

Vegetative propagation by cutting is one of the methods used in the Cactaceae family. The objective of this research was to evaluate the degree of resistance of the *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb cuttings. native cactus of the Seasonally Dry Tropical Forest of Jaén, compared to the type of substrate used, which is suitable to improve the vegetative propagation of this species. The treatments were used: T1 (soil from the collection site), T2 (coarse sand), T3 (coarse sand + worm castings), T4 (soil from the collection site + worm castings + coarse sand), in a proportion of one for each of the components; 15 cm cuttings were used. After the establishment of the cuttings, the record of observations was made after a period of 45, 70 and 95 days. The T2 treatment (coarse sand) is the most suitable substrate for the root rooting process, with an average of 4 roots per cutting and 9.58 cm of average root length; with a 100% surviving in this treatment. Treatment T3 (coarse sand + worm humus), favored the emission and vigor of the shoots with an average of 18.05 cm. Likewise, vegetative propagation by cuttings is viable for *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. using substrates that facilitate water drainage.

**Key words:** vegetative propagation, *Cleistocactus tenuiserpens*, BTES.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

Cactaceae, es una importante familia en la fitogeografía de los desiertos de América y representa la segunda familia más numerosa en término de especies restringida al Nuevo Mundo, detrás de la familia Bromeliaceae. Existen alrededor de 1900 especies en el mundo, comprendidas en 125 géneros (Jiménez-Sierra 2011) y en el Perú presenta 43 géneros y alrededor de 250 especies (Brako y Zarucchi, Ulloa et al. 2004, citados por Ostolaza 2006).

Desafortunadamente una alta proporción de estas especies presenta problemas de conservación debido a sus características biológicas como son: la baja tasa de crecimiento y reclutamiento, la baja supervivencia de las semillas y plántulas, áreas de distribución restringidas y especialización a condiciones edáficas (Hernández y Godínez 1994). Otro aspecto restrictivo importante lo constituyen las actividades humanas, como el cambio en el uso de suelo, la introducción de especies exóticas, la extracción directa de plantas con fines alimenticios, medicinales o bien con fines de ornato (Arias et al. 2005, Jiménez-Sierra 2011).

La familia completa se encuentra incluida en la Convención sobre el Tráfico Internacional de Especies Silvestres de Flora y Fauna Amenazadas (CITES 2017) y muchas especies se encuentran en el Libro Rojo de la Unión mundial para la conservación (UICN 2016) como especies raras, amenazadas o en peligro de extinción.

Debido a estos factores es inminente desarrollar estrategias de conservación mediante la implementación de sistemas tecnológicos de producción y propagación utilizando técnicas sencillas y factibles para la multiplicación de la familia Cactaceae involucrando la evaluación de métodos de propagación y de sustratos que proporcionen los nutrientes adecuados para el óptimo crecimiento de la planta (Salas 2014; Reyes 2009). Siendo la propagación vegetativa por esqueje uno de los métodos más fáciles de propagación de estas especies de tipo arbustivo o arbóreo y una opción de multiplicar poblaciones.

Razón por la cual, se pretende establecer una alternativa de multiplicación o propagación vegetativa por esqueje de cactáceas específicas, para la recuperación de poblaciones afectadas, aplicable a programas de conservación a largo plazo y que permita disminuir la presión sobre dichas poblaciones vegetales debido principalmente al cambio de uso de suelo (Salas 2014).

Esclareciendo la importancia del *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., para la conservación de la diversidad de poblaciones vegetales y a la mínima información existente de su ecología, fisiología y medios de propagación. Es necesario aportar información consecuente sobre la propagación vegetativa por esqueje haciendo uso de sustratos con el fin de establecer medidas para su conservación.

Para el desarrollo de la presente investigación, se tuvo el objetivo de propagar vegetativamente el *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., proveniente del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Jaén, Cajamarca. Los objetivos específicos fueron:

- Proponer un sustrato adecuado para una mejor propagación vegetativa de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., cactus del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Jaén.
- Evaluar el periodo de sobrevivencia de los esquejes frente al tipo de sustrato a utilizar en la propagación de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

López et al. (2000), evaluaron la propagación vegetativa de tres especies de Cactaceae *Stenocereus griseus*, *Escontria chitilla*, y *Stenocereus stellatus* en condiciones de huerto de propagación con factores climatológicos propios del lugar; los tratamientos consistieron de dos tamaños de esquejes: 50 y 100 cm; con o sin la parte apical (10 a 15 cm del ápice fue cortado); sembrados en tres orientaciones: vertical (el ápice hacia arriba), invertido (el ápice hacia el suelo) o en forma horizontal, de manera manual en el campo, a 20 cm de profundidad. Donde se obtuvo resultados favorables para *Stenocereu griseus* y *Stenocereus Stellatus*, con fracciones de tallo de 50 cm, sin la parte apical y con orientación vertical. En cambio, *Escontria chiotilla* no pudo ser propagada mediante el método establecido en el estudio.

Oviedo (2003), realizó la propagación de hijuelos de diferentes especies del género *Mammillaria* y la propagación por esqueje de *Pereshkiopsis diguetii*, ambos métodos fueron sembrados en un sustrato a base de: una parte de piedra pómez y la otra parte de tierra negra o composta (1:1). El sustrato se cernió con una malla o tamiz de 5 mm de abertura. Los vástagos fueron desprendidos, y los esquejes fueron fragmentos de tallos de 5 a 10 cm y se dejaron cicatrizar en un lugar seco y ventilado, tratando al material vegetativo con azufre en polvo en la planta madre para impedir la propagación de hongos y bacterias; a los vástagos y esquejes se les agregó enraizador radix (1500). Concluyendo que la propagación asexual en ambos métodos es una técnica que sirve para acelerar este proceso de producción de estas especies.

Vargas et al. (2003), probó tres sustratos (tierra, tierra + estiércol vacuno 1:1 y Tierra + Zeolita 1:1) y dosis de AIB (enraizante comercial), empleados para la propagación por estaca de 40 cm de *Hylocereus undatus* (pitahaya amarilla y pitahaya roja). Ambos tipos de pitahaya, incrementaron el número de raíces cuando se emplearon dosis altas de AIB (10000 mg L<sup>-1</sup>) y el sustrato que

mejoró la emisión de raíces primarias y secundarias fue la combinación: tierra más estiércol bovino (1:1).

Suárez et al. (2007), citado por Cerqueda (2010), quienes evaluaron la propagación asexual de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, empleando diferentes sustratos y esquejes de cladodios: secciones apicales y basales de cladodios. Después de 40 días evaluaron el porcentaje de cladodios enraizados, número y ancho de las brotaciones, número de raíces y longitud de raíces. Se obtuvieron más de 90 % de cladodios enraizados en todos los tratamientos, no encontraron diferencias significativas entre los tipos de estacas de cladiodo, en el resto de las variables analizadas, siendo más favorable para la propagación, las porciones basales de cladiodos.

Cerqueda (2010), evaluó la propagación de esquejes de *Hylocereus undatus* mediante soluciones nutritivas con tres tipos de sustratos (arena, fibra de coco y lombricomposta) bajo ambiente natural; de los tres sustratos evaluados, la fibra de coco indujo e la estaca mayor número de raíces y brotes vegetativos, así como mayor longitud de raíces comparados con el sustrato de arena y lombricomposta. Tradicionalmente en el sistema de plantación en cultivos de traspatio y hasta en cultivos comerciales, de nopal (*Opuntia* spp.), pitahaya (*Hylocereus* spp.) y pitaya (*Stenocereus* spp.) se han utilizado como materiales vegetativos, esquejes de diferentes longitudes sin enraizar, ocasionando con ello el no éxito de su establecimiento. Por lo tanto, el uso de plantas enraizadas previamente garantiza un mayor éxito al trasplantar las plantas a su lugar definitivo.

Suárez (2011), evaluó métodos de propagación (semilla sexual, estacas de tallo y explantes) en *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt & Rose y pitahaya roja *Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt & Rose, el ensayo aplicado en la emisión de brotes y enraizamiento de los esquejes, los cuales se evaluaron durante seis meses en condiciones de campo en los municipios de Roldanillo (Valle del Cauca) y La Tebaida (Quindío), y de invernadero (Armenia Quindío), en tamaños de cladodio de (50 y 100 cm de longitud), la presencia/ausencia del ápice y la exposición de 20 cm del haz vascular en la parte basal de la

misma. Concluyó que, en estacas de 100 cm con haces vasculares expuestos, los brotes tuvieron mayor longitud; en pitahaya roja fue mayor el número de brotes por esquejes.

Montoya y Umanzor (2013), realizaron estudios en la evaluación de diferentes sustratos usados en la propagación de las especies de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) y pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt et Rose.), Lograron concluir que la necesidad de propagar rápidamente estas especies, requieren de sustratos que garanticen rapidez en el crecimiento y prendimiento del material vegetativo; al utilizar sustratos compactos y con mal drenaje causan deficiencia de oxígeno, con lo cual las raíces se asfixian y las plantas mueren.

Cabrera (2013), evaluó tres abonos orgánicos (Humus de lombriz, gallinaza y bocashi) en la propagación vegetativa de *Acanthocereus* spp. Se estableció en una parcela experimental con diseño completamente al azar, concluyó que la aplicación de humus de lombriz en el cultivo mejoró el rendimiento en cantidad, longitud y biomasa en peso de los brotes tiernos de esta especie.

Aguilar (2015), evaluó tres enraizantes (ANA, estiércol bovino enriquecido con fósforo y dos cepas de *Trichoderma harzianum* ThLE24 y ThLE26) y dos tamaños de cladodios (30 y 50 cm de altura) en la propagación asexual de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* (L.) Haw.) durante 120 días en la región amazónica, utilizando un diseño de bloques al azar en arreglo bifactorial. Los resultados obtenidos determinaron que los cladodios de 50 cm fueron los de mejor resultado frente a los de 30 cm, influyendo significativamente en las variables longitud de brotes (101,52 cm), peso de brotes (122,98 g), número de raíces (6,21) y peso de raíces (13,62 g). Recomendando propagar pitahaya utilizando cladodios de 50 cm.

Torres (2015), utilizó enraizadores ANA y AIB (ácido naftalen acético y el ácido indol butírico) con un sustrato a base de tierra y arena (1:1) en la propagación asexual de Pitajaya (*Hylocereus undatus*), donde obtuvo mejor número de raíces 10.40; longitud de raíces 20.8 cm; el porcentaje de enraizamiento de 96.20 % y porcentaje de mortalidad de 3.80 %, con la concentración de un

tratamiento con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA. Recomendando la utilización de sustratos que facilite el drenaje durante esta etapa.

Trevizan y Baltierra (2018), evaluaron la propagación asexual de dos especies de cactus: *Corryocactus brevistylus* K. Schum. y *Oreocereus leucotrichus* (Philippi) Wagenknecht, a partir de esquejes (15 a 20 cm) y tallos fragmentados (fracción con forma de cilindro y fracción con forma de triángulo), extraídos de individuos adultos y plantados sobre arena, para luego llevarlos a un sustrato definitivo, con el fin de establecer el mejor método de propagación asexual y contribuir a la mantención de la diversidad biológica. La sobrevivencia en la etapa final del estudio arrojó que la propagación por esquejes de ambas especies logro el más alto porcentaje con un 78,7 % para *Corryocactus brevistylus*, y de 30 % para *Oreocereus leucotrichus* en los tres tratamientos utilizados.

Chocaca (2019), evaluó tipos de sustratos (Franco árenos: 75 % arena de río + 25% tierra agrícola; Enriquecido: 50 % arena + Turba 25 % + humus de lombriz 25 %; Franco arcilloso: tierra agrícola 75 % + humus de lombriz 25 %) con dos tamaños de cladodios de 45 cm y 30 cm, en la propagación asexual de pitahaya (*Cereus triangularis*.) durante 120 días. Donde el tratamiento con un tamaño de cladodio de 30 cm sembrado en un sustrato franco arcilloso, permitió alcanzar mejor variable en cuanto al tamaño de brote, diámetro de brote y longitud de raíz principal generando un plantón de pitahaya más vigorosa, desarrollo adecuado y buenas condiciones para ser llevado a campo definitivo.

Ortiz (2019), evaluó el efecto de tres mezclas de sustratos; T1 (1 Arena: 1 Turba: 1 Humus), T2 (2 Arena: 1 Turba: 1 Humus) y T3 (3 Arena: 1 Turba: 1 Humus), en la propagación de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) por esqueje, bajo condiciones de invernadero, donde determinó que el sustrato que contiene 3 arena: 1 turba: 1 humus, fue el más óptimo para la propagación y la obtención de plantas de calidad de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), considerando el tamaño de brotes, diámetro de brotes, número de brotes, longitud de raíces y número de raíces.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Evolución histórica de la familia Cactaceae

La fascinación por las cactaceae, como plantas de ornato, existía hace siglos en los pueblos mesoamericanos, desde que Cristóbal Colón arribó a las Antillas en 1492 y en viajes posteriores, es que los cactus empiezan a ser conocidos por los europeos primero y por el resto del mundo después (Ostolaza 2014).

La primera noticia escrita sobre las cactáceas se debe a Gonzalo Hernández de Oviedo y Valdés, quien en 1535 publicó su primer volumen de la Historia de las Indias Occidentales, donde representa ejemplares de nopal y un cacto columnar. Además de que el propio Hernández, siendo gobernador de Santo Domingo, recolectó plantas vivas para su jardín con la finalidad de completar su manuscrito, actitud que hace suponer que él mismo las llevó a España cuando fue llamado a rendir informes (CONABIO et al. 1997).

En el siglo XVII las Cactaceae empezaron a figurar en las obras de botánicos como en *Theatri Botanici* (1623), de Caspari Bauhin y en el siglo XVIII aparecieron numerosas obras en que se alude a dichas plantas, como *Institutione Rei Herbariae* (1700), de Joseph Pitton de Tournefort, *Nova plantarum americanarum genera* (1703), de Charles Plumier, *Hortus Elthamensis* (1732), de Johann Jakob Dillenius y *The Gardener's and Botanist's Dictionary* (1731), de Philip Miller; en algunas ya se advierte cierto orden sistemático, hay diagnósticos breves y se inicia la nomenclatura binaria. Sin embargo, como en esa época los caracteres morfológicos que singularizan la familia no estaban aún definidos, dichas plantas fueron incluidas en diferentes entidades taxonómicas hasta que Carlos von Linné, ilustre padre de la sistemática, después de apreciar su parentesco, las reunió en *Species Plantarum* (1753), en un grupo especial que denominó *Cactus* (CONABIO et al. 1997).

En el siglo XIX, se contribuyó a fomentar con el gusto por las cactáceas en Europa, mediante la importación y venta de ejemplares vivos. A principios del

siglo XX existían ya reconocidos jardines botánicos y coleccionistas particulares de cactáceas en Europa central, en Estados Unidos de Norteamérica y Sudamérica, así como asociaciones que intercambiaron conocimientos sobre taxonomía, mantenimiento y cultivo (Bravo-Hollis 1978). Los botánicos como Weberbauer, Rose, Herrera, Backeberg, Rauh, Ritter, entre otros, que nos dejaron un valioso legado sobre las especies nativas.

### **2.2.2. Evolución de los sistemas de clasificación de Cactaceae**

Mostacero et al. (2009), presentan varias clasificaciones para la familia Cactaceae según su evolución de clasificación, las cuales se detalla a continuación:

#### **a. Sistema de clasificación de Adolph Engler (1954 -1964)**

División : Angiospermae  
Clase : Dicotyledoneae  
Subclase 1<sup>a</sup> : Archichlamydeae  
Orden 14 : Cactales  
Familia : Cactaceae

#### **b. Sistema de clasificación de Armen L. Takhtajan (1997)**

División : Magnoliophyta = Angiospermae  
Clase : Magnoliopsida = Dicotyledoneae  
Subclase E : Caryophyllidae  
Suborden : Caryophyllanae  
Orden 32 : Caryophyllales  
Familia : Cactaceae

### **c. Sistema de clasificación de Arthur Cronquist (1988-1933)**

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase III : Caryophyllidae

Orden 1 : Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia : Cactaceae Juss

### **d. Filosofía del Grupo de Angiospermas – AGP IV (2016-) (Tropicos 2020)**

División : Angiospermae

Clase : Equisetopsida C. Agardh

Subclase : Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden : Caryophyllanae Takht.

Orden I : Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia II : Cactaceae Juss.

### **2.2.3. Distribución de la especie**

Los límites de la distribución de las cactáceas en el continente americano son: al norte en Canadá, en los estados de Columbia Británica y Alberta, a 56° de Latitud Norte. El límite sur está en la Patagonia Argentina a 50° de Latitud Sur. Los límites laterales están dados, al oeste, por las islas Galápagos, al oeste de Ecuador y al este el límite lo da una pequeña isla al este de Brasil, llamada Fernando de Noronha (Ostolaza 2011). Para Bravo-Hollis y Scheinvar (1995); están distribuidas en América desde Peace River en British Columbia y Alberta, Canadá, a 56° 15' de latitud norte (Moss 1959), hasta la Patagonia, en Argentina, a 52° de latitud sur, y desde el nivel del mar en las dunas costeras, hasta los 5100 m s. n. m., en Perú. Solo una especie (*Rhipsalis*

*baccifera*) se encuentra fuera del continente americano y se mencionan teorías de cómo este taxón pudo haberse instalado en aquellos lugares (Hoffmann citado por Pauca y Quipuscoa 2017).

La exclusividad de los cactus en América podría explicarse por la teoría de la deriva continental de Alfred Wegener, de 1915. Según este geólogo alemán, la tierra era una sola masa llamada Pangea, hace 300 millones de años y que después se fue fragmentando para formar los actuales continentes, por lo que Cactaceae, en consecuencia, se originó después de que el continente americano se separara de África y Europa. (Ostolaza 2011). Algunas teorías indican que su diferenciación ocurrió a términos del Cretácico (hace unos 65 millones de años), mientras que otras indican su aparición hace unos 100- 90 millones de años. Recientemente los estudios de ADN de cloroplasto sostienen que su origen ocurrió hace 30 millones de años en los Andes centrales de Sudamérica, donde posteriormente hace 5 - 10 millones de años se diversificaron en tres direcciones: al sur de Sudamérica, este de Brasil y norte América (Anderson et al. citados por Pauca y Quipuscoa 2017).

En Perú, estas plantas están distribuidas en casi todos los ecosistemas, desde los desiertos costeros, vertiente occidental, puna, valles interandinos llegando exitosamente al bosque tropical amazónico, por lo que presentan una gran diversidad de adaptaciones, diversidad que hace posible que el Perú albergue una considerable tasa de géneros y especies endémicas (Calderón 2003).

#### **2.2.4. Morfología de la familia Cactaceae**

Plantas suculentas, herbáceas, arbustivas, arbóreas o lianescentes, con espinas agrupadas en aréolas; tallos cilíndricos, aplanados o aristados, frecuentemente xerófitas. Hojas usualmente ausentes, cuando presentes alternas, simples, enteras y deciduas. Flores solitarias y sésiles en las aréolas (en cimas en *Pereskia*), axilares (terminales), generalmente grandes, usualmente bisexuales, actinomorfas (Zigomorfas), epíginas y períginas (solo períginas en *Pereskia*), perianto en un perigonio diploclamideo de pétalos numerosos y dispuestos helicoidalmente 20 – 100 a más, usualmente los externos sepaloideos y los internos petaloideos, tubo del hipanto normalmente

bien desarrollado, estambres numerosos, centrífugos, filamentos usualmente unidos al hipanto, antenas 2-tecadas, dehiscencia longitudinal; disco anular; ovario ínfero (súpero en *Pereskia*), 3-100 a numerosos, 1 –locular, óvulos 1 a numerosos por lóculo, usualmente parietales, estilo simple, estigma 3 a varios lobulado. Fruto en baya carnosa (seco y dehiscente). Semillas usualmente numerosas (Vásquez y Rojas 2006).

### **2.2.5. Detalles morfológicos de Cactaceae**

#### **Hábitos:**

Los cactus son plantas perennes con un amplio espectro de formas de vida que incluye formas enanas de 1 cm de diámetro a gigantes columnares de más de 20 m, de grandes formas arbóreas o arbustivas, simples o ramificadas, densamente cespitosas o almohadilladas, trepadoras y epifitas (Barthlott y Humt, citado por Ceroni y Castro 2013). Pizarro (2014), las cactáceas son especies perennes clasificadas como tallos siempreverdes. Algunas cactáceas pueden ser árboles (*Pereskia*), arbustos (*Austrocyllindropuntia subulata*) o formas cespitosas (*Cumulopuntia boliviana*).

Anderson, citado por Ceroni y Castro (2013), menciona que, los hábitos más comunes de Cactaceae son; arborescentes (un tallo principal y varias ramas, un tallo principal y ramas cortas de forma de “candelabro” o un solo tallo muy grande no ramificado); arbustivos (varias ramas que salen del nivel del suelo); cilíndrico o columnar (tallo erecto en forma de cilindro, ramificado o no, segmentado o no, corto o largo); globoso o globular (esférico, esférico con el ápice aplanado); solitario, colonial o cespitoso (varios tallos formando una estructura almohadillada, compactada o abierta); aplanado (cladodios segmentados o juntos); epifito, litofítico, postrado, decumbente, trepador y geofítico (crecen al nivel del suelo y tienen grandes órganos de reserva).

#### **Raíces:**

Las raíces de los cactus son generalmente muy ramificadas, ramificaciones que se extienden muy superficialmente adaptadas para aprovechar las lluvias

ligeras o la humedad que se deposita en el suelo. Algunas especies tienen raíces engrosadas, en forma de nabo, lo que les permite almacenar agua y almidones. Rivas (1996), según el género, las raíces adquieren volumen y formas distintas y se distinguen tres tipos de raíces:

- El tipo general en que el eje principal y las secundarias tienen más o menos el mismo desarrollo. En este tipo se incluyen muchos géneros que están provistos de ramaje abundante.
- La principal se puede desarrollar más, de mayor a menor y da todo el aspecto de clavo o de tachuela, o acumula muchas reservas y se torna napiforme, o presenta de tanto en tanto, pequeños tubérculos del tamaño de un garbanzo, o bien esta desempeña el papel de almacenamiento de agua y adquiere aspecto globoso. En este tipo se incluyen las especies que almacenan agua y sustancias nutritivas en la raíz.
- Las raíces secundarias son más y ramificadas y están más desarrolladas que la principal, este tipo es el más común en las cactáceas.

### **Tallos:**

Son suculentos y principalmente de color verde, especialmente en los jóvenes. El tallo frecuentemente se lignifica y se cubre de una gruesa cutícula cerosa, la cual reduce la transpiración. Las formas columnares o globulares han sido diseñadas para maximizar las reservas de agua. En algunos casos el tallo es articulado en secciones llamadas cladodios (Ceroni y Castro 2013). Su cuerpo puede estar constituido por segmentos denominados: 1. Cladodios, tallos aplanados; 2. Columnar, tallo cilíndrico con o sin ramificaciones; 3. Globoso, tallo casi esférico (Señoret y Acosta 2013).

### **Costillas:**

Son unas aristas que sobresalen en los tallos y que son muy importantes porque les permiten absorber gran cantidad de agua en época de lluvias y aumentar su volumen sin que la epidermis se dañe. Igualmente, los tallos pueden contraerse al aprovechar el agua en época de sequía, sin daño

epidérmico. Las costillas sólo están presentes en la subfamilia *Cactoideae* y excepcionalmente en la especie *Grusonia bradtiana*, dentro de las *Opuntioideae*. En la parte más prominente de las costillas se encuentran generalmente las areolas (Ostolaza 2011).

### **Areolas:**

Entre los órganos más característicos de los cactus en la superficie de los tallos, se encuentran las areolas, que son elementos semejantes a unas yemas, existentes en los tallos de las demás dicotiledóneas. Son estructuras afelpadas, exclusivas de los cactus, donde van a parecer todos los órganos importantes de los cactus como las espinas, los pelos, las hojas, las flores, ramas y frutos (Ceroni y Castro 2013). En algunas especies son muy visibles mientras que en otras no lo son, además pueden tener formas y ubicación distinta (Ostolaza 2014).

### **Espinas:**

Son hojas modificadas que crecen en las areolas en medio de un indumento de tricomas pluricelulares. Las espinas están presentes en todos los géneros, al menos durante las primeras etapas de su vida. Las espinas pueden presentar variaciones en tamaño y apariencia dentro de una misma areola, frecuentemente formando 2 series, las centrales y las radiales (Ceroni y Castro 2013).

### **Flor:**

Son actinomorfas (simetría radial), hermafroditas, no hay una clara diferencia entre los pétalos y los sépalos, y recibe el nombre de perianto. Estambres numerosos; estos pueden ser libres o unidos. El ovario es ínfero; aunque en algunas especies del primitivo género *Pereskia* es ligeramente súpero, el ovario está formado por la fusión de hojas especializadas llamadas carpelos, estos son variables en número, es unilocular, con numerosos óvulos; estilos gruesos, columnar, con el estigma coloreado y lobulado. El fruto es una baya

generalmente ovoidea esférica a claviforme (Sánchez, citado por Oviedo 2003).

#### **2.2.6. Diagnóstico de campo**

Hierbas o arbustos pachicaules, lianas o epifitos, con formas vegetativas muy peculiares, solo – *Pereskia* – (no hay en el área), se ve como una planta “normal”; tallos usualmente suculentos, costulados, aplanados o subcilíndricos, con espinas en areolas, hojas ausentes o transformadas en cladodios; flores solitarias, sésiles, ovario ínfero y numerosas piezas periánticas 20-100 a más secuencialmente integrándose de sépalos a pétalos, estambres numerosos; frutos usualmente carnosos (Vásquez y Rojas 2006).

#### **2.2.7. Géneros de la familia Cactaceae**

Para Vásquez y Rojas (2006) los géneros de la familia Cactaceae son: *Armatocereus* Backeb. [11 especies], *Borzicatus* Ricc. [10 especies], *Borzipostoa* [1 especies], *Browningia* Britt. & Rose. [12 especies], *Calymmanthium* F. Ritt. [2 especies], *Cereus* Mill. [36 especies], *Cleistocactus* Lem [28 especies], *Corryocactus* Britt & Rose [29 especies], *Cumulopuntia* [3 especies], *Disocactus* Lindl. [7 especies], *Echinopsis* Zucc. [30 especies], *Epiphyllum* Haw. [16 especies], *Espostoa* Britt. & Rose. [ 14 especies], *Eulychnia* Philippi. [5 especies], *Gymmanthocereus*. [1 especies], *Haageocereus*. [1 especie], *Haagespostoa* Backeb. [2 especies], *Hylocereus* (A. Berger) Britt. & Ros. [18 especies], *Lasiosereus* F. Ritt. [2 especies], *Lepismium*. [2 especies], *Lophophora* Coult. [2 especies] *Loxanthocereus* Backbg. [7 especies], *Matucana* Britt. & Rose. [23 especies], *Melocactus* Link & Otto. [36 especies], *Mila* Britt. & Rose. [3 especies], *Monvillea* Britt. & Rose. *Monvillea* Britt. & Rose. [16 especies], *Neolobivia* Britt. & Rose. [2 especies], *Neoporteria* Britt. & Rose. [4 especies], *Neoraimondia* Britt. & Rose. [1 especie], *Neowerdermandia* Fric. [2 especies], *Opuntia* Mill. [300 especies], *Oreocereus* (Berg.) Riccob. [8 especies], *Oroya* Britt. & Rose. [3 especies], *Pereskia* Mill. [20 especies], *Pilocereus* Lemaire. [2 especies], *Platyopuntia*. [2 especies], *Pseudorhipsales* [1 especie], *Pygmaeocereus* Johnst. & Backbg. [2 especies], *Rebutia* Schum. [27 especies], *Rhipsalis* Gaertn. [50 especies],

*Selenicereus* (A. Berger) Britton & Rose. [20 especies], *Tephrocactus* Lem. [1especie], *Thrixanthocereus* Backbg. [1 especie], *Trichocereus* (Berg.) Riccob. [25 especies], *Weberbauerocereus* Backbg. [8 especies].

### 2.2.8. Diagrama y fórmula floral de la familia Cactaceae

#### Diagrama floral:

Es una representación gráfica de la disposición de las piezas florales y de la ordenación de los distintos verticilos, en corte transversal de la flor (Figura 1). Cada verticilo se representa con una circunferencia concéntrica alrededor del gineceo, indicado por un corte a la altura del ovario. Los estambres se marcan con cortes transversales de la antera, y los verticilos de protección con cortes transversales de pétalos y sépalos. Cada verticilo con una circunferencia concéntrica alrededor del gineceo, indicado por un corte a la altura del ovario (Mostacero et al 2009).

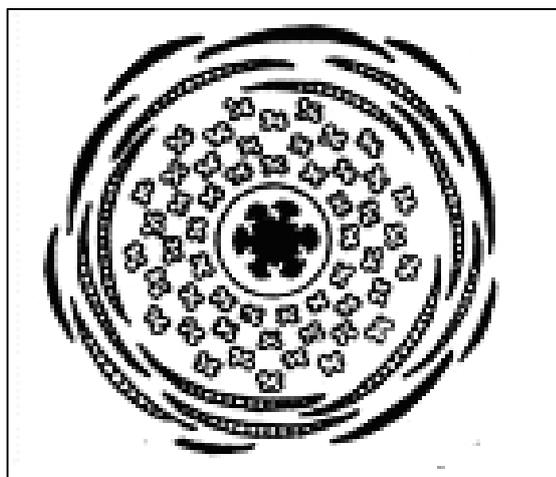


Figura 1. Diagrama floral de Cactaceae (Mostacero et al. 2009)

#### Fórmula floral:

Es un modo de representar simbólicamente la estructura de la flor de las Cactaceae mediante el uso de letras, números y otros signos. Representa las características morfológicas de las flores de la familia Cactaceae, y no de la flor en particular. La fórmula es la siguiente:

$$* , \text{♀} , P_{\infty} , A_{\infty} , \overline{G(\infty)}$$

Figura 2. Fórmula floral de Cactaceae (Mostacero et al. 2009)

### 2.2.9. Metodologías de propagación de Cactaceae

Estas suculentas se multiplican por dos vías distintas, la reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, vástagos, injertos y hojas. La propagación o multiplicación de las suculentas mediante el empleo de métodos tradicionales representan una alternativa viable para los países carentes de tecnologías y recursos económicos para el aprovechamiento comercial de sus recursos naturales a escala comercial debido a su bajo costo, lo cual se ajusta a las necesidades de nuestro país que no cuenta con grandes laboratorios para la producción comercial de plantas con potencial ornamental (Reyes 2009).

#### a) La reproducción generativa o sexual

Los aspectos estructurales de las fases tempranas de germinación de la semilla de cactáceas son poco conocidas. No todas las especies de semillas germinan fácilmente, por lo que plantas como las cactáceas han tenido que desarrollar mecanismos de adaptación como es el caso de la latencia, la cual ya se ha conseguido eliminar en algunas especies y en otras se ignora tanto la latencia como los mecanismos de dormancia y letargo que convierten en durmientes a ciertas semillas de cactáceas (López et al. 2001). Por su parte, Beristain et al. (2001). Estudiaron la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lem. (bonete de obispo) en laboratorio, considerando el efecto de la luz, aplicación de reguladores de crecimiento y el sitio de procedencia de las semillas, obteniendo valores cercanos al 100 % de germinación después del tercer día en semillas expuestas a 12 horas de iluminación diaria (Salas 2014).

Parraguirre et al. (1993), mencionan que, la velocidad de germinación es un carácter heredable, propio de una especie e incluso de una variedad. Esta resulta afectada por la edad de las semillas y el ambiente, por ello, los estudios

que se efectúen para determinarla se deben realizar en las condiciones típicas, tal y como se propagan las especies consideradas.

### **b) La reproducción vegetativa o asexual**

Se caracteriza por la presencia de un único progenitor que se divide, dando origen a individuos genéticamente idénticos. La multiplicación asexual se realiza de algunas partes de la planta, diferentes a la semilla sexual, como: tallos (esquejes, tubérculos, bulbos, rizomas, estolones), hojas, hijuelos, yemas, meristemos, callos, células somáticas, protoplastos o embriones asexuales producidos por apomixis (Suárez 2011) y aplicando técnicas de cultivo in vitro (Cerqueda 2010). Técnicamente no todos son adecuados para Cactaceae; los métodos más empleados en reproducción vegetativa son: esquejes, vástagos, injertos y reproducción invitro (Bauer y Hernández 2004).

La reproducción asexual, conduce a la perpetuación de genotipos superiores con gran ventaja en el mejoramiento de plantas, pudiendo obtenerse un número indefinido de individuos genéticamente idénticos, como se observa en Cactaceae que producen frutos comestibles (Cabrera y Salazar 2002).

### **c) Propagación por esquejes**

Sirven para multiplicar plantas con mayor rapidez que de semillas botánicas. Por ejemplo, en *Opuntia*, se cortan los cladodios por la base, se deja secar y se siembran por separado. En cactus columnares, se corta el ápice y también se deja secar el esqueje una semana o más en un lugar sombreado e incluso se puede biselar la base antes de sembrarlos para que las raíces aparezcan del centro, conductor de la savia y no de areolas del borde (Ostolaza 2011).

El objetivo de la propagación vegetativa, es conseguir esquejes enraizados de calidad, que respondan bien y rápidamente al trasplante, presenten gran uniformidad y sean la mejor base para alcanzar plantas de calidad (Angulo, citado por Cirso 2017).

### **2.2.10. *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb.**

#### **Sinonimia:**

*Borzicactus tenuiserpens* (Rauh & Backeberg) Kimnach, *Bolivicereus tenuiserpens* (Rauh & Backeberg) Backeberg, Die Cact. 6: 3677. 1962. *Borzicactella tenuiserpens* (Rauh & Backeberg) Ritter, Kakt. Südam. 4: 1387, 1981.

#### **Características de órganos vegetativos:**

Cuerpo erecto o postrado, muy delgado, 1.5 m de largo, 1 a 1.5 cm de diámetro, ramificado, verde claro, ramas tuberculadas hacia el ápice, costillas 9 a 10, apenas visibles, espinas centrales 1 a 2, 2.5 cm de largo, rectas, radiales 0.2 a 0.8 cm (Ostolaza 2014).

#### **Características de órganos reproductivos:**

Finas, flor roja, zigomorfa, 5 cm de largo, pocos pelos en la base de los filamentos (Ostolaza 2014). Fruto pequeño, globoso, con pulpa blanca, perianto persistente; semillas negras levemente punteadas (Marcelo-Peña et al. 2010).

#### **Habitat:**

Especie muy escasa en la zona de estudio; crece en matorrales, sobre suelos franco arenosos y pedregosos, en pendientes moderadas o empinadas, asociada con *Croton thurifer*, *Cyathostegia mathewsii*, *Acacia macracantha*, *Ruprechtia aperta*, *Browningia altissima* (Marcelo-Peña et al. 2010).

#### **Fenología:**

Floración en febrero (Marcelo-Peña et al. 2010).

#### **Importancia y uso de la especie:**

Los cactus juegan un papel ecológico muy importante en los bosques, pues sus frutos son muy apetecidos por la fauna que allí habita. Muchos son

comestibles incluso para el ser humano. Algunas especies tienen flores nocturnas que sólo se abren en el crepúsculo o durante la noche y son polinizadas por insectos o murciélagos. De hecho, muchas veces al amanecer las flores de estos cactus se encuentran marchitas, pues ya fueron polinizadas. Los cactus, así como otros grupos de plantas adaptadas para soportar largos períodos sin agua o vivir en invernaderos, han sido ampliamente comercializados e hibridados con fines hortícolas. Algunos tienen flores muy llamativas y colores muy vistosos, lo cual ha propiciado su uso como plantas ornamentales (Morales 2005). La especie, *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeberg., tiene potencial ornamental, para diseños de jardinería con poca demanda de agua (Marcelo-Peña et al. 2010).

#### **2.2.11. Sustratos**

Sobre el sustrato o que tierra usar, hay muchas recetas para su composición. Se piensa que para las cactáceas debe ser: 33 % de arena lavada gruesa, que hace la mezcla más permeable, 33 % de tierra de chacra, que absorbe los elementos de nutrición y 33 % de tierra vegetal o mantillo de hojas (Ostolaza 2014).

ASYCS (2010), afirman que, los sustratos deben reunir las siguientes características: ser muy bien drenado y poroso, para garantizar la ventilación y que se seque en un corto tiempo (1 a 2 días entre riegos). Cualquier sustrato que tenga un exceso de arcilla permanecerá húmedo demasiado tiempo y llevará a la asfixia de las raíces y la subsecuente muerte de la planta por pudrición. Por ello se recomienda un sustrato que tenga partículas de tamaño relativamente grande mezclado con algo de materia orgánica.

Rivas (1996), menciona que, un suelo para el cultivo de plantas suculentas (excepto los cactus epífitos) requiere condiciones como: porosidad y permeabilidad, para que el exceso de agua se pierda con rapidez y para que el aire llegue fácilmente a las raíces. Ausencia de sustratos orgánicos en descomposición. Ligera acidez (pH=6). Elementos nutritivos en riqueza decreciente por el siguiente orden: potasio, fósforo y nitrógeno.

## **Materiales usados como sustratos**

**Arena.** Las propiedades físicas de las arenas varían en función del tamaño de las partículas. Las arenas finas presentan buena capacidad de retención de agua, pero tiene mala aireación, por el contrario, las arenas gruesas presentan buena aireación con deficiente retención de humedad. La principal ventaja de las arenas es que son prácticamente permanentes, presentan buena estabilidad y son fáciles de desinfectar (Gonzales y Callejón 1997; citados por Cerqueda 2010).

**Humus de lombriz.** El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero estos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino no da la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas (Verdejo 2005; citado por Pereyra 2007).

### **2.2.12. Factores involucrados en el proceso de crecimiento y desarrollo de las Cactaceae**

**Riego.** Se debe regar cada dos o tres semanas en invierno y cada semana en verano. Jamás regar una maceta que todavía tiene la tierra húmeda. Cualquier sustrato es bueno, mientras sea poroso y no retenga mucho tiempo la humedad. La humedad estancada es el principal enemigo de los cactus, pues causa la pudrición de la raíz. No regar hasta que la planta haya absorbido toda la humedad del riego anterior, o sea hasta que la tierra esté del todo seca (Ostolaza 2011). En cultivos en tierra, en el exterior, en caso de que no se presenten lluvias durante la primavera y el otoño, regar cada 15 días. En invierno nada de riego o alguno muy esporádico en general. Debido al riesgo de pudriciones se debe suspender el riego cuando la temperatura sea menor de 10 °C.

**Fertilización.** Los cactus deben ser fertilizados cuando vemos que están creciendo en forma vigorosa y que tienen brotes o que florecen, o sea en primavera o verano. Hay que abonar en las mañanas, momento en que la

tierra está húmeda, para que no se formen calcificaciones en los extremos de las raíces. Se debe humedecer la tierra un poco el día anterior. Sobre los fertilizantes (N, P, K) sabemos que el nitrógeno (N) favorece el crecimiento de las plantas, en general. El fósforo (P) y el potasio (K) son necesarios para el desarrollo de flores y frutos. Un abono para cactáceas debe tener más fósforo (P) y potasio (K) que nitrógeno (N). Sólo las epifitas deben ser abonadas con abono comercial (20-20-20), en poca cantidad, pues en su hábitat crecen en el humus que se forma entre las ramas y que contiene mucho nitrógeno. El abono ideal para los cactus es un abono que tenga 3-7-10, como el abono para los tomates (Ostolaza 2014).

**Iluminación.** Los cactus son poco exigentes, pero no podemos abandonarlos a su suerte. Todos necesitan agua, luz, calor y aire. El calor es tan importante para el desarrollo de los cactus como la luz. La luz solar es necesaria para la fotosíntesis en todas las plantas verdes. Los cactus tienen gran necesidad de sol, pues vienen de zonas de mucha luz (Ostolaza 2014).

La cantidad de luz que una suculenta debe recibir depende del grupo al que pertenezca. En general las plantas suculentas de tamaños relativamente grandes (cactus y euphorbias columnares, aloes grandes) crecen en la naturaleza a plena exposición solar. Sin embargo, la mayoría de las suculentas son plantas un poco más pequeñas y viven en la naturaleza protegida bajo la sombra de árboles y arbustos y por ello deben ser cultivadas a media luz (radiación solar del 70 al 50 %) (ASYCS 2010).

**Temperatura.** Por regla general los cactus toleran altas temperaturas, hasta 45 grados centígrados, o más, si la intensidad de la luz solar, la humedad del suelo y la ventilación son adecuadas (Rivas 1996).

En relación con la temperatura, las cactáceas pueden soportar temperaturas muy bajas entre los -10 °C y más de 40 °C, aunque la mayoría lo hace en condiciones menos extremas. Por la gran proporción de agua que almacenan, sus órganos con frecuencia se dañan, rompiéndose sus tejidos si la temperatura cae por corto tiempo entre -10 °C y -5 °C y entre -5 °C y -2 °C si el tiempo de abatimiento es mayor (Bravo, citado por Salas 2014).

**Ventilación.** Los cactus requieren de buena ventilación para crear un ambiente de poca humedad relativa (Rivas 1996).

### 2.3. Definición de términos básicos

**Cactus.** Son plantas arborescentes o arbustivas, raras veces enredaderas, generalmente con hábito xerófito, de maderas blandas y cuerpo succulento que tiende a lignificarse con el tiempo. Este cuerpo puede estar constituido por segmentos, denominados “cladodios”, de forma aplanada, cilíndrica o globosa (Hoffmann y Walter 2004).

**Morfología de las plantas.** Sus características más importantes las han adquirido por herencia de los caracteres de antiguas líneas evolutivas. Otras características, en cierto modo no tan importantes como las anteriores, parecen haber derivado de tendencias evolutivas más recientes. Se comprende claramente que éstas son las que han colocado a la planta en más íntima armonía con el medio actual. Estas dos clases de caracteres morfológicos han sido distinguidos a veces, como caracteres de organización y de adaptación, pero en muchas ocasiones son difícilmente distinguibles (Miranda 1955).

**Esqueje.** Tallo o brote de una planta que se emplea para injertar en otra o plantarlo directamente en el suelo con el fin de reproducir una nueva planta (Bauer y Hernández 2004).

**Brote.** Son ramas o tallos que desarrollan raíces adventicias sin que sean independientes de la planta progenitora. Se desarrollan en las axilas de las hojas escamosas o de las yemas adventicias sobre las raíces.

**Suelo.** Es una entidad que evoluciona, conservada en un flujo de materiales geológicos, biológicos, hidrológicos y meteorológicos.

**Sustrato.** Es la mezcla de materiales que sirve como soporte donde se desarrollan las semillas o crecen las plantas (Arredondo 2002). Se incluye a todas las mezclas de diferentes productos que podemos realizar para hacer crecer nuestras plantas. Existen diferentes combinaciones para realizarlos lo

que hace muy difícil poder hablar de un sustrato ideal; la decisión de qué materiales utilizar está en función de la disponibilidad en cada zona y de su costo, del tipo de especie a trabajar y de la forma de multiplicación (Gonzales 2013).

**Arena.** Es un material de naturaleza silíceo ( $\text{SiO}_2 > 50 \%$ ) y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. También puede proceder de canteras (granito, basalto, etc.) o de ríos y ramblas (depósitos de formación aluvial) (Abad y Noguera 1998).

**Humus de lombriz.** Es considerado como la vida del suelo, y de él depende su fertilidad. Un puñado de ella contiene millones de microorganismos. Dentro de la materia orgánica del suelo, el humus representa del 85 al 90 % del total, por ello, hablar de materia orgánica y de la fracción húmica es casi equivalente (Montoya y Umazor 2013).

**Suculencia.** Propiedad que tienen algunas plantas de almacenar agua en sus tejidos y que luego aprovecharán, como una forma de adaptación para soportar prolongadas sequías y sobrevivir en lugares muy áridos, como los desiertos (Ostolaza 2010).

**Bosques Tropicales Estacionalmente Secos (BTES).** Propuesta por Pennington et al. (2000), son ecosistemas dominados por árboles, siendo la vegetación mayoritariamente caducifolia durante la estación seca; consecuentemente, los procesos ecológicos son moderadamente estacionales y la productividad primaria neta es menor que los bosques húmedos, por presentarse sólo en la temporada de lluvias. Estos bosques son además de menor estatura y área basal que los bosques tropicales húmedos; se presentan en suelos relativamente fértiles, donde la precipitación es menor de 1600 mm/año y donde hay una estación seca fuertemente definida con al menos 5 a 6 meses del año recibiendo menos de 100 mm (Gentry, citado por Peña et al. 2010).

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en el distrito y provincia de Jaén (Figura 3); a una altitud de 729 m s. n. m.; con temperatura media anual de 24.2 °C, precipitación promedio anual de 784 mm; entre las coordenadas UTM 742791 y 9368536.

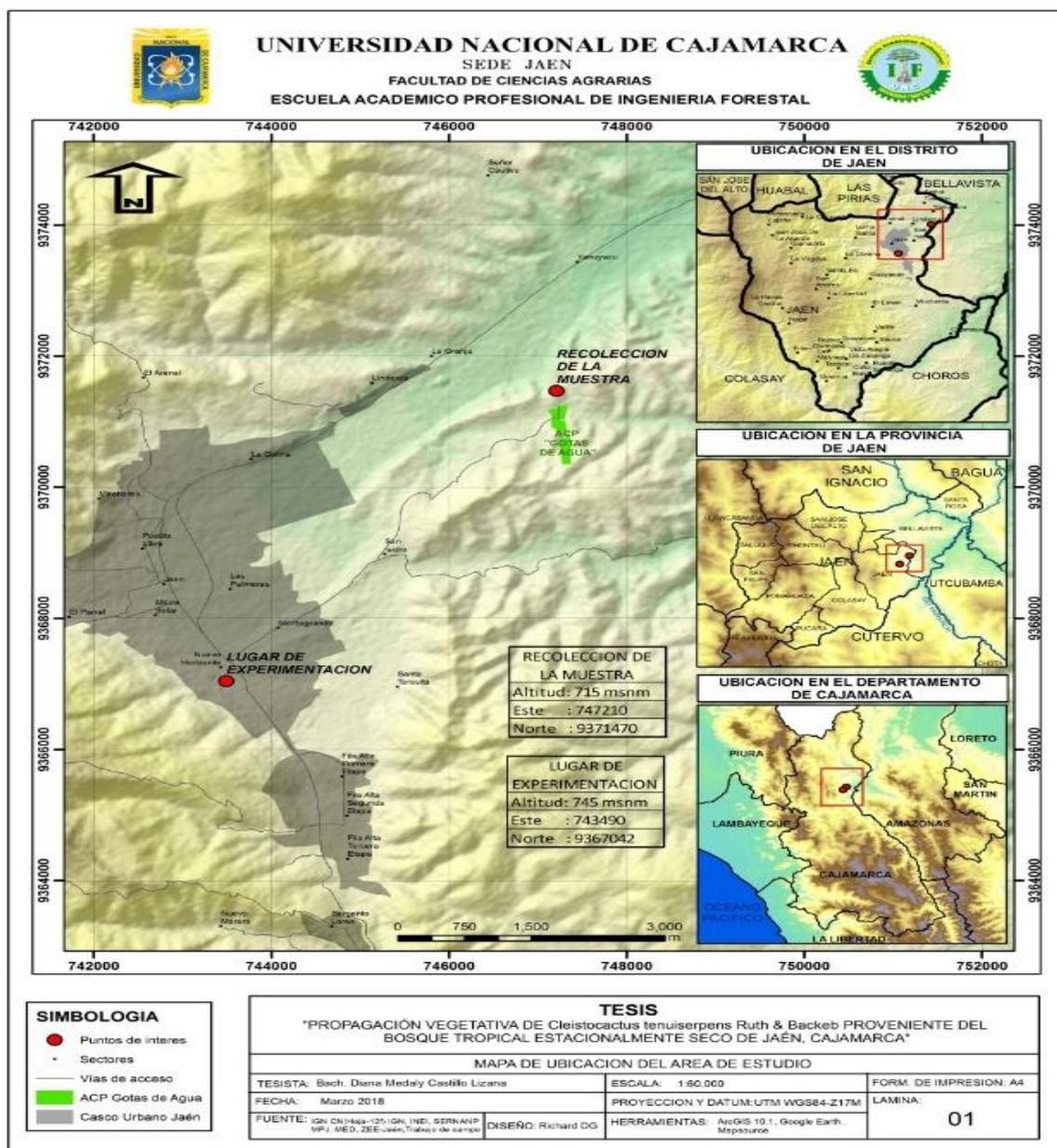


Figura 3. Mapa de ubicación de la investigación

### 3.2. Materiales

**Material biológico.** Esquejes de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb.

**Material de campo.** Regadera, zaranda, tablas, clavos, martillo, wincha.

**Herramientas.** Carretilla, palana.

**Insumos.** Humus, tierra agrícola, arena gruesa, hipoclorito de sodio (lejía).

**Materiales y equipos de gabinete.** Papel bond A4, lapicero, plumón indeleble, libreta de campo, lápiz, borrador, cámara digital, computadora.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Trabajo en campo

##### Recolección del material vegetativo

El material vegetativo se obtuvo en el Área de Conservación Privada “Gotas de Agua” (Figura 4); que pertenece al Bosque Tropical Estacional Seco (BTES) de Jaén. Para seleccionar las plantas madres, se tuvo en cuenta su sanidad, vigorosidad, suculentas, con condiciones de color verde claro y en desarrollo (Torres 2015). La información del trabajo de campo se tomó entre los meses de marzo, abril y mayo del año 2018.



Figura 4. Plantas madres en el ACP “Gotas de Agua”

##### Preparación del material vegetativo

**Selección de esquejes.** Se aplicó la metodología propuesta por Torres (2015), que consiste en seleccionar la parte media de la planta, sin brotes de floración o fructificación y en buenas condiciones sanitarias (Figura 5).



Figura 5. Selección de esquejes

**Corte y desinfección del esqueje.** El corte de los esquejes se realizó con una tijera de podar bien afilada y limpia, desinfectado con alcohol de 96°; en cada corte se aplicó hipoclorito de sodio al 5 % (lejía) para desinfectar los esquejes (Figura 6). El corte de cada uno de los esquejes fue de 15 cm (Arredondo 2002).



Foto 6. Corte y desinfección de esquejes

**Cicatrización natural.** Los esquejes cortados y desinfectados (Figura 7), fueron dejados al aire libre por 7 días, en un lugar sombreado y aireado para que logre cicatrizar los extremos de los cortes, y de esta manera no entre en contacto directo con el sustrato al momento de la siembra, lo que generaría pudrición; para la siembra se realizó una selección de aquellos esquejes con buenas condiciones, eliminando aquellos que presentaron deshidratación (Aguilar 2015).



Figura 7. Esquejes desinfectados expuestos al aire libre y bajo sombra

### **Instalación de parcela experimental**

Se estableció una parcela experimental de 16 unidades, con 6 esquejes de prueba cada una y la combinación de los sustratos a evaluar. Se instalaron 4 bloques con 4 repeticiones de 20 cm de espesor conteniendo los sustratos con un fondo de drenaje de 2 cm a base de piedra chancada para cada unidad (Figura 8).



Figura 8. Parcela experimental de madera

### **Preparación de sustratos**

Los sustratos que se utilizaron fueron humus de lombriz, arena de río, tierra propia del lugar de recojo del material vegetativo, mezclados de acuerdo a las proporciones de cada tratamiento y desinfectadas con hipoclorito de sodio (lejía) a una concentración de 13 % (Figura 9).



Figura 9. Mezcla y desinfección de sustratos

### **Siembra de esquejes**

Luego de transcurridos 7 días después del cicatrizado de esquejes, se procedió a la siembra en cada unidad experimental, de acuerdo a los tratamientos del sustrato, manteniendo la dirección de crecimiento, con la base hacia abajo (Figura 10).



Figura 10. Siembra de esquejes en las unidades experimentales

### **Tratamientos en estudio**

Tratamiento 1: T1 = Tierra del lugar de colección (1).

Tratamiento 2: T2 = Arena gruesa (1).

Tratamiento 3: T3 = Arena gruesa + humus de lombriz (1:1).

Tratamiento 4: T4 = Tierra del lugar de colección + humus de lombriz + arena gruesa (2:2:1).



Figura 11. Proporciones para la preparación de sustratos

### Diseño experimental

Para la distribución de los tratamientos se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, y 6 unidades de prueba (esquejes), por cada unidad experimental.

### Distribución de los tratamientos en el área experimental

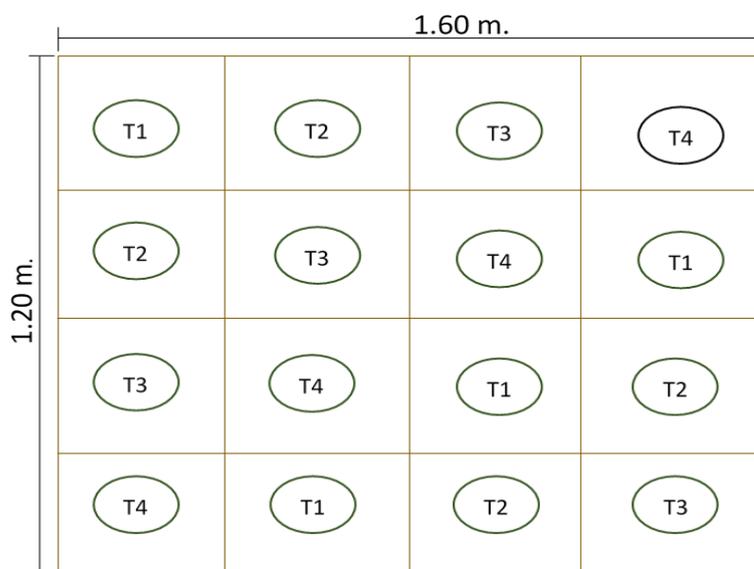


Figura 12. Distribución de los tratamientos en el área experimental

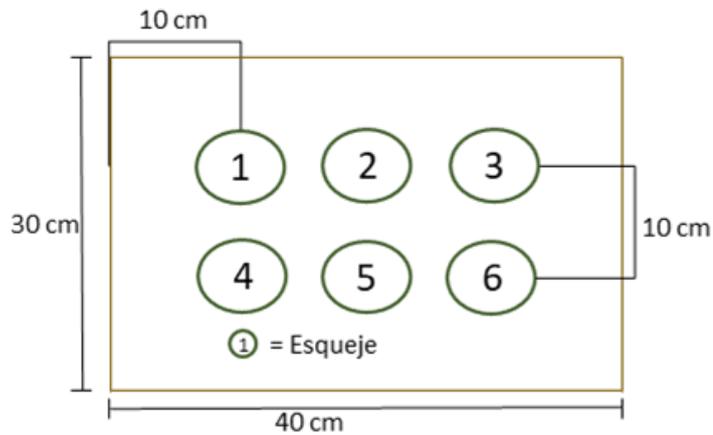


Figura 13. Diseño de la unidad experimental

### Variables evaluadas

La Tabla 1, muestra los parámetros de evaluación de los tratamientos en estudio. La toma de datos, se llevó a cabo en periodos de tiempo: primera evaluación a los 45 días después de instalado el experimento; la segunda evaluación a los 70 días; la tercera evaluación a los 95 días. Para las evaluaciones se tuvieron en cuenta el efecto de los tratamientos en el desarrollo de las raíces y brotes (Torres 2015).

Tabla 1. Parámetros de evaluación de los tratamientos

Nº	VARIABLES	SÍMBOLO
1	Número de raíces	NR
2	Longitud de raíces	LR
3	Porcentaje de sobrevivencia	S
5	Número de brotes	NB
6	Longitud de brotes	LB

- **Número de raíces.** Para evaluar las raíces de los esquejes, éstos se retiraron del sustrato, donde se evaluó, el número de raíces. Para visualizar las raíces después de retirar del sustrato, se enjuagaron en agua para dejar al descubierto las raíces (Figura 14).



Figura 14. Esquejes enraizados del T1 y T2

- **Longitud de raíces.** Se midieron la longitud (cm) desde el cuello del esqueje hasta la parte terminal de la raíz, utilizando un escalímetro de escala 1:100 (Figura 15).



Figura 15. Medición de las raíces

- **Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento (%).** Se contaron el número de esquejes brotados por unidades experimentales, considerando solamente los esquejes vivos, que son en total 24 esquejes por tratamiento. Esta información sirvió para realizar el cálculo de sobrevivencia (%), utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{número de esquejes vivos}}{\text{total de unidades experimentales}}$$

- **Número de brotes.** Se contaron el número de brotes que se han desarrollado hasta el término de la evaluación del experimento (125 días).



Figura 16. Observación de brotes en las unidades experimentales

- **Longitud de brotes (cm).** Se midieron la longitud (cm) de los brotes utilizando un escalímetro de escala 1:100 (Figura 17).



Figura 17. Medición de los brotes

**Muestreo de suelo.** La muestra del suelo fue colectada del lugar de selección del material vegetativo, se obtuvo de la parte superficial hasta una profundidad de 30 cm., capa que contiene residuos de hojas y otros residuos orgánicos en descomposición.

**Muestreo de humus de lombriz.** El humus de lombriz se obtuvo del Vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén, insumo generado por residuos de especies vegetativas de parques y jardines.

### 3.3.2. Trabajo de gabinete

#### Procesamiento de datos

Los datos obtenidos de los conteos y mediciones, fueron procesadas en el software SAS 9.4 y Microsoft Excel 2018, considerando cada una de las variables evaluadas con respecto a los tratamientos. Además, se realizó la

interpretación del procesamiento de los datos para cada una de las variables en comparación con información ya establecida según la revisión bibliográfica.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico aplicado a los tratamientos y variables en estudio fue el Análisis de Variancia (ANVA), y para establecer la diferencia significativa entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Composición química de los sustratos utilizados

##### Análisis físico químico del suelo

Tabla 2. Análisis químico de suelo proveniente del sitio de colección del material vegetativo

Parámetro	Resultado de ensayo	Rangos promedios generales	Diagnóstico
Textura	Franco-Arcillo-Arenoso	Franco, Francos arenosos, Francos arcillosos	Aceptable. Suelo de textura media a pesada. Permite un correcto drenaje por la predominancia de arena (Espinoza et al. 2012).
pH	6.57	5.8 – 6.5	Aceptable. Suelo moderadamente ácido. A este pH los nutrientes están disponibles, no se presenta problemas por sales de los metales alcalinos y alcalinos térreos. Además, no existe fitotoxicidad por aluminio (Espinoza et al. 2012).
Conductividad eléctrica	817.50 $\mu\text{mho/cm}$	< 1000 $\mu\text{mho/cm}$	Aceptable. Suelo libre de sales (INTAGRI 2017).
Materia orgánica	3 %	> 2 %	Aceptable. Lo óptimo sería 5 % o más (Espinoza et al. 2012).
Fósforo	11.44 ppm	36 - 50 ppm	Muy bajo. No favorable, limita el crecimiento radicular (Espinoza et al. 2012).
Potasio	179.50 ppm	131 - 175 ppm	Óptimo. Condiciones favorables para crecimiento y desarrollo (Espinoza et al. 2012).
CIC	19.30 meq/100 g	35 - 45 meq/100 g	Bajo. En términos de fertilidad es un suelo pobre, es decir, poca retención de iones con carga positiva como el potasio, calcio, magnesio, sodio, amonio, etc. Se incrementa mediante la adición de materia orgánica (Garrido 1993)
Saturación de bases	70.82 %	> 60 %	Aceptable. Parámetro que depende de los incrementos de la CIC (Espinoza et al. 2012).

Fuente: Análisis físico químico (Anexo 2)

### Análisis químico del humus de lombriz

Tabla 3. Análisis químico del humus de lombriz

Parámetros	Unidades	Humus
Potencial de Iones de Hidrógeno	Unidades de pH	8.41
Conductividad Eléctrica	mS/cm	11.86
Calcio (Ca)	meqCa <sup>+2</sup> /100 g	16.58
Magnesio (Mg)	meqMg <sup>+2</sup> /100 g	6.45
Materia Orgánica	%	22.54
Nitrógeno (N)	%	1.12
Carbono (C)	%	13.10
Fósforo (P)	mg/kg	900
Potasio Extraíble (K)	mgK/kg	15000
Potasio Intercambiable (K <sup>+</sup> )	meqK <sup>+</sup> /100	19.23
Carbonato de Calcio (CaCO <sub>2</sub> )	%	4.12
Sodio (Na)	meqNa <sup>+</sup> /100	11.34
Aluminio (Al)	meqAl <sup>+3</sup> /100	0.002

Fuente: Análisis químico (Anexo 3)

La composición química del humus de lombriz, utilizado para la mezcla en la preparación del sustrato, de acuerdo al análisis químico realizado (Anexo 5), presenta un pH de 8.41, de acuerdo a la escala de pH, se considera un humus modernamente alcalino, con buena provisión de calcio (16.58 meq Ca<sup>+2</sup>/100 g) y magnesio (6.45 meq Mg<sup>+2</sup>/100 g); alta conductividad eléctrica de 11.86 mS/cm debido al alto contenido de sodio intercambiable (11.34 meqNa<sup>+</sup>/100), con alto contenido de carbonatos de calcio (4.12 %) y potasio extraíble (15,000 mgK/kg) por la presencia de materia orgánica en un 22.54 %; alto contenido en fósforo (900.00 mg/kg) elemento indispensable para el desarrollo de las raíces y floración de las plantas; según su capacidad de intercambio catiónico (84.17), suma de cationes (84.17) y suma de bases (84.17) es un sustrato con buena provisión de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

#### 4.1.2. Análisis del número de raíces

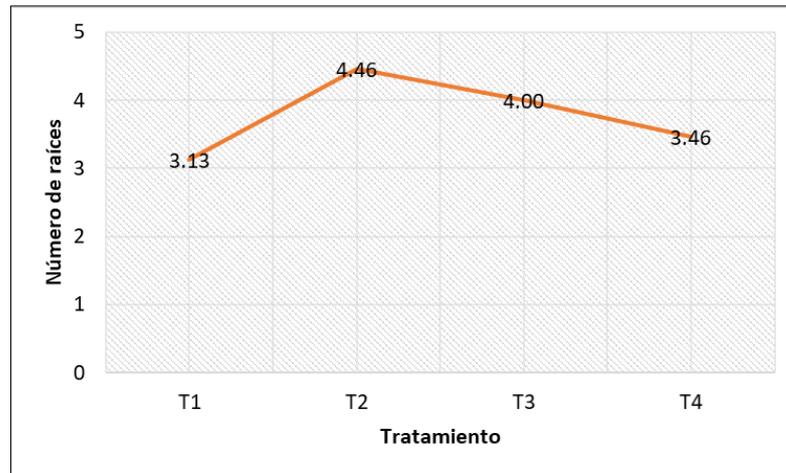


Figura 18. Promedio de raíces según la interacción de los tratamientos

La Figura 18, muestra el promedio de raíces por tratamiento, donde el tratamiento T2 (Arena gruesa) con un valor de 4.46 raíces, tiene mayor influencia respecto a los demás tratamientos, mientras que el tratamiento T1 (Tierra del lugar de colección) obtuvo un promedio de 3.13 raíces, siendo el valor mínimo obtenido para esta variable.

Tabla 2. ANOVA para el número de raíces en la interacción de los sustratos

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado	Significancia
Tratamientos	3	4.51	1.50	8.64	3.49	*
Error	12	2.09	0.17			
Total corregido	15	6.60				
CV	11.19 %					

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 6)

La Tabla 2, muestra el Análisis de Varianza para el número de raíces, donde la diferencia significativa entre los tratamientos en estudio (sustratos); el F calculado (8.64) es mayor que F tabulado (3.49); el coeficiente de variabilidad (CV) es de 11.19 %, considerado aceptable para el estudio, con un grado de confiabilidad del 95 %.

Tabla 3. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable número de raíces por tratamiento

Orden de mérito Tratamientos	Medias	Número de tratamientos	Tukey Agrupamiento	
T2	4.46	4		A
T3	4.00	4	B	A
T4	3.33	4	B	
T1	3.13	4	B	
Sig.			0.79	

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 6)

La Tabla 3, muestra la prueba del rango estudentizado de Tukey, para la variable número de raíces de *Cleistocactus Tenuiserpens* Rauh & Backeb., se observa que en el tratamiento T2 (Arena gruesa), los esquejes formaron un promedio de 4 raíces considerando el mejor tratamiento; seguido del T3 (Arena gruesa + humus de lombriz (1:1)) con 4 raíces; el tratamiento T4 (Tierra del lugar de colección + humus de lombriz + arena gruesa (2:2:1)) obtuvo 3 y T1 (Tierra del lugar de colección) alcanzó 3 promedio de raíces por esqueje.

#### 4.1.3. Longitud de raíces

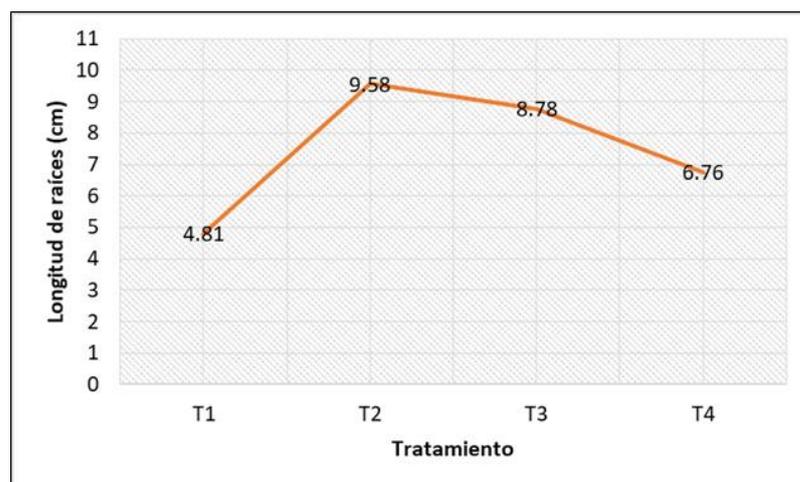


Figura 19. Longitud promedio de raíces según la interacción de los tratamientos

La Figura 19, muestra que el tratamiento T2 (Arena gruesa) es el que tiene mayor longitud promedio (9.58 cm), siendo el mejor tratamiento en comparación con T1 (Tierra del lugar de colección) que obtuvo una longitud mínima promedio (4.81 cm) para esta variable.

Tabla 4. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces según su interacción al tipo de sustrato

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado	Significancia
Tratamiento	3	54.99	18.33	11.59	3.49	*
Error	12	18.97	1.58			
Total corregido	15	73.96				
CV	16.81 %					

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 7)

En el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 4, se observa diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, donde F. calculado (11.59) es mayor que F. tabulado (3.49), con un coeficiente de variabilidad (CV) de 16.81 % aceptable para el estudio, con un grado de confianza del 95 %.

Tabla 5. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable longitud de raíces por tratamiento

Orden de mérito Tratamientos	Medias	Número de tratamientos	Tukey Agrupamiento
T2	9.58	4	A
T3	8.78	4	B A
T4	6.76	4	B C
T1	4.81	4	C
Sig.			2.37

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 7)

Para la variable longitud de raíz de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., la prueba del rango estudentizado de Tukey (Tabla 5) muestra que el tratamiento T2 (Arena gruesa) obtuvo un promedio 9.58 cm, siendo el mejor tratamiento, seguido de T3 (Arena gruesa + humus de lombriz (1:1)) con 8.78 cm, T4 (Tierra del lugar de colección + humus de lombriz + arena gruesa (2:2:1)) con 6.76 cm. y T1 (Tierra del lugar de colección) con 4.81 cm de longitud.

#### 4.1.4. Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento

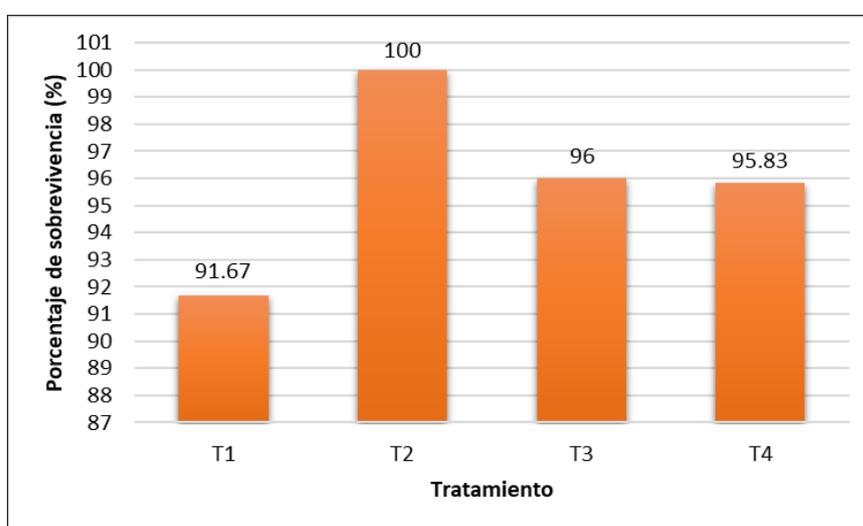


Figura 20. Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento según la interacción de los tratamientos

La Figura 20, muestra que en el tratamiento T2 (Arena gruesa) obtuvo el 100 % de esquejes vivos, los tratamientos T3 (Arena gruesa + humus de Lombriz (1:1)) y T4 (Tierra del lugar de colección+ humus de lombriz + arena gruesa (1:1)) lograron sobrevivir el 95.83 % respectivamente, mientras T1 (Tierra del lugar de colección) obtuvo el menor porcentaje con 91.67 % de esquejes vivos.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable de sobrevivencia en enraizamiento según su interacción al tipo de sustrato

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado	Significancia
Tratamiento	3	138.94	46.31	0.80	3.49	NS
Error	12	694.72	57.89			
Total corregido	15	833.67				
CV	7.94 %					

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 8)

En el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 6, no existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para esta variable, donde F. calculado (0.80) es menor que F. tabulado (3.49), el coeficiente de variabilidad (CV) de 7.94 % aceptable para el estudio, con un grado de confianza del 95 %.

#### 4.1.5. Número de brotes

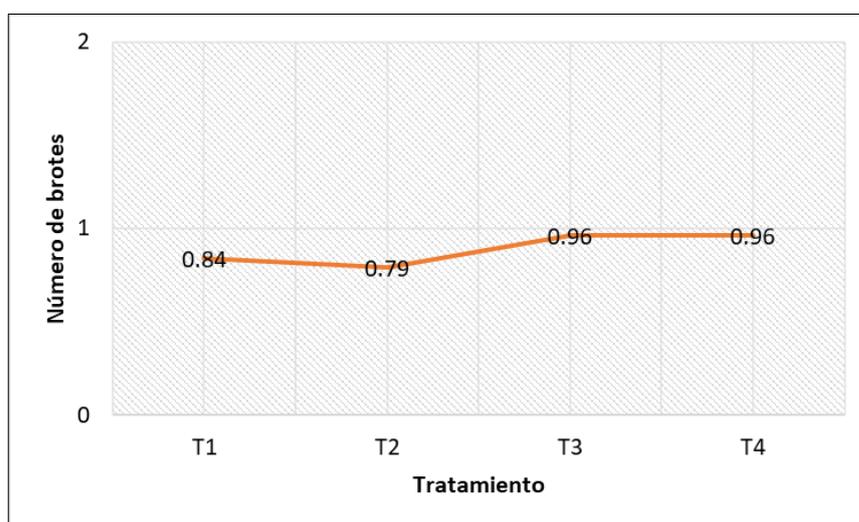


Figura 21. Promedio de número de brotes según la interacción de los tratamientos

La Figura 21, muestra que en los tratamientos T3 (Arena gruesa + humus de lombriz (1:1)) y T4 (Tierra del lugar de colección + humus de lombriz + arena gruesa (2:2:1)) obtuvieron el mismo promedio de 0.96 en número de brotes, seguido de T1 (Tierra del lugar de colección) con un promedio de 0.84 y T2 (Arena) de 0.79 número de brotes.

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable número de brotes según su interacción al tipo de sustrato

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada	Significancia
Tratamiento	3	0.09	0.03	1.02	3.49	NS
Error	12	0.34	0.03			
Total Corregido	15	0.43				
CV	18.98 %					

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 9)

En el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 7, no existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para esta variable, donde F. calculado (1.02) es menor que F. tabulado (3.49), el coeficiente de variabilidad (CV) 18.98 % aceptable para el estudio, con un grado de confianza del 95 %.

#### 4.1.6. Longitud de brotes

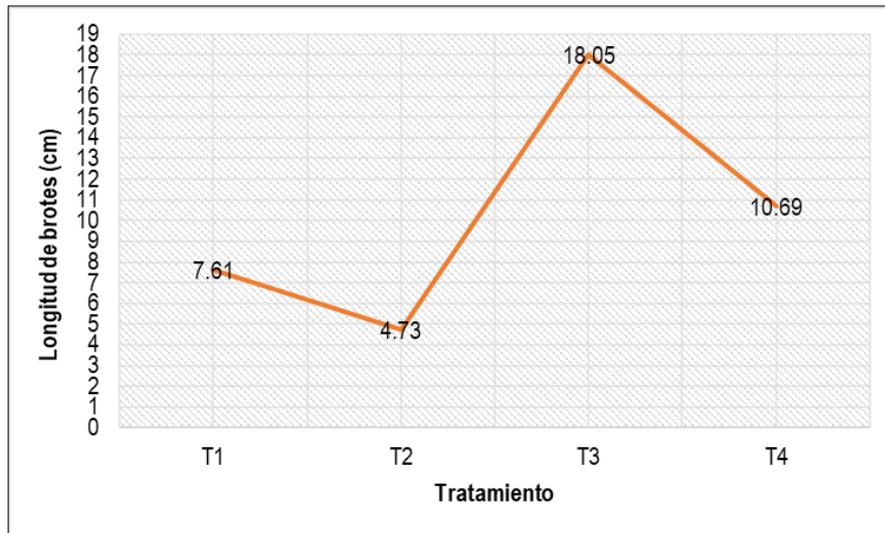


Figura 22. Longitud promedio de brotes según la interacción de los tratamientos

En la Figura 22, se muestra que el tratamiento T3 (Arena gruesa) es el que tiene mayor longitud promedio de 18.05 cm, siendo el mejor tratamiento en comparación con T2 (Arena gruesa + humus de lombriz) que obtuvo una longitud mínima promedio de 4.73 cm para esta variable.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes según su interacción al tipo de sustrato

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada	Significancia
Tratamiento	3	393.62	131.21	42.22	3.49	*
Error	12	37.29	3.11			
Total corregido	15	430.91				
CV	17.17 %					

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 10)

En el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 8, existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, donde F. calculado (11.59) es

mayor que F. tabulado (3.49), el coeficiente de variabilidad de 17.17 % aceptable para el estudio, con un grado de confianza del 95 %.

Tabla 9. Prueba de significancia Tukey al 95 % de probabilidad para la variable longitud de brotes por tratamiento

Orden de mérito Tratamientos	Medias	Número de tratamientos	Tukey	Agrupamiento
T3	18.05	4		A
T4	10.69	4		B
T1	7.61	4	B	C
T2	4.73	4		C
Sig.			3.32	

Fuente: S.A.S 9.4 (Anexo 10)

Para la variable longitud de brote de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., la prueba del rango estudentizado de Tukey (Tabla 9) muestra que el tratamiento T3 (1 Arena gruesa: 1 Humus de lombriz) obtuvo un promedio 18.05 cm, siendo el mejor tratamiento, seguido de T4 (2 Tierra del lugar de colección: 2 Humus de lombriz: 1 Arena gruesa) de con 10.69 cm, T1 (Tierra del lugar de colección) con 7.61 cm y T2 (Arena gruesa) con 4.73 cm de longitud.

#### 4.1.7. Comparación de las variables evaluadas por tratamiento

Tabla 10. Comparación de las variables evaluadas por tratamientos

Tratamientos	Número de raíces	Longitud de raíces	Número de brotes	Longitud de brotes
T <sub>1</sub>	3.13	4.81	0.84	7.61
T <sub>2</sub>	4.46	9.58	0.79	4.73
T <sub>3</sub>	4.00	8.78	0.96	18.05
T <sub>4</sub>	3.46	6.76	0.96	10.69

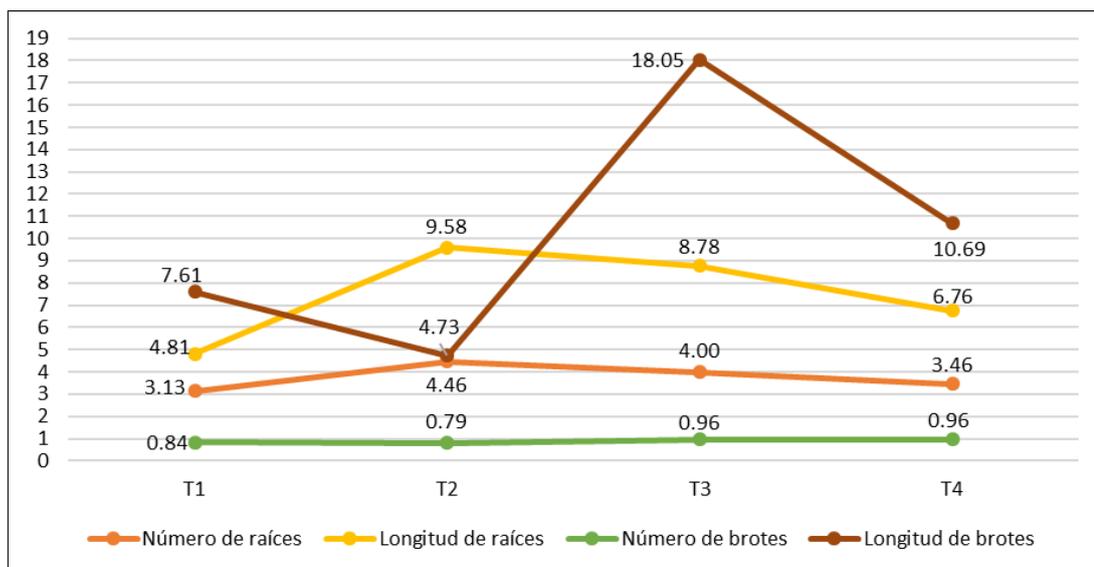


Figura 23. Comparación de las variables evaluadas por tratamiento

En la Tabla 10 y Figura 23, se muestran que, de acuerdo a las variables evaluadas; en cuanto al número de raíces, el tratamiento 2, es el que alcanza el valor más alto en comparación con los demás tratamientos (4.46); en cuanto a la longitud de raíces, el tratamiento 2, es el que alcanza el valor más alto en comparación con los demás tratamientos (9.58 cm); en cuanto al número de brotes, todos los tratamientos son similares, oscilando entre 0.79 a 0.96 brotes; en cuanto a la longitud de los brotes, el tratamiento 3, es el que alcanza el pico más alto en comparación con los demás tratamientos, con 18.05 cm, seguido del tratamiento 4 con 10.69 cm de longitud promedio.

## 4.2. Discusión

La especie de cactus (*Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb.), tiene cuerpo erecto o postrado, muy delgado, que pueden alcanzar un promedio de 1.5 m de largo y de 1-1.5 cm de diámetro, con tallo homogéneo en diámetro y ramificado, de 9-10 costilladas, espinas centrales 1-2, hasta 2.5 cm de largo, (Ostolaza 2014). Flores finas, rojas, zigomorfas, de 5 cm de largo, pocos pelos en la base de los filamentos (Ostolaza 2014). Fruto pequeño y globoso, con pulpa blanca, perianto persistente; semillas negras levemente punteadas. Florece en febrero (Marcelo-Peña et al. 2010).

Comparativamente con la presente investigación, Arakaki et al. (2006), registraron la especie *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., en los departamentos: Amazonas, Cajamarca, Lambayeque y Piura. Dentro de la Regiones Ecológicas: Bosque Seco (BS), entre los 500-1000 m s. n. m. Las muestras se encuentran en los herbarios peruanos: HUT (Universidad Nacional de Trujillo) y USM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Es un cactus arbustivo conocido del valle del Marañón, muy poco estudiado.

En concordancia con la presente investigación, Marcelo-Peña et al. 2010), afirman que, es una especie muy escasa en la zona de estudio; crece en matorrales, sobre suelos franco arenosos y pedregosos, en pendientes moderadas o empinadas; muy similar a las características de sitio donde se colectaron las muestras para el experimento; el cactus en estudio, se encuentra asociados a otras especies vegetales como, mosquera (*Croton thurifer*), magliana (*Cyathostegia mathewsii*), faique (*Acacia macracantha*), *Ruprechtia aperta*, *Browningia altissima*.

El nombre genérico *Cleistocactus*, alude a las flores tubulares, angostas, que no se abren o se abren muy poco en el ápice. Reunieron en este género, unas 11 especies sudamericanos de flores diurnas, coloridas, más o menos zigomorfas y adaptadas para ser polinizadas por picaflores; sin embargo, esto no quiere decir que tengan necesariamente un ancestro común y existen algunos estudios moleculares (Arakaki 2006), que apuntan a que *Borzicactus* y *Loxanthocereus* deben volver a separarse de *Cleistocactus*. Son más de 30 especies, la mayoría de Bolivia, algunas en Argentina, Brasil y Paraguay. En el Perú tenemos solo cuatro especies, poco estudiadas, descritas en Huancavelica, Ayacucho y Apurímac (Ostolaza 2011).

Ostolaza (2014), menciona que, la especie *Borzicactus tenuiserpens* (Rauh & Backeberg) Kimnach, *Cact. Succ. J. (USA)* 32(3): 95, 1960.; el nombre específico alude a la delgadez de los tallos; teniendo en cuenta el basónimo: *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeberg, *Descr. Cact. Nov.:* 17, 1957. Sin embargo, esta especie tiene una sinonimia, muy discutible, de acuerdo a la identificación realizada (Anexo 1), con el nombre de *Borzicactus*

*tenuiserpens* (Rauh & Backeb.) Kimnach; en concordancia con la presente investigación, Ostolaza (2014), hace mención esta sinonimia. En concordancia con la presente investigación, la especie *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., se adapta muy bien al Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la zona de Jaén (Marcelo 2010).

Los resultados de la presente investigación, en cuanto al número y longitud de raíces, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En el tratamiento T2 (Arena gruesa), se obtuvieron promedios de 4.46 raíces y 9.58 cm de longitud, los más altos promedios comparados con los demás tratamientos. Los esquejes utilizados fueron de 15 cm de longitud y de 1-1.5 cm de longitud. Aguilar (2015) y López et al. (2000), afirma que, la dimensión del esqueje y los carbohidratos acumulados en ellos, influyen en la producción de raíces. Por otro lado, Puri y Khara (1992), mencionados por Aguilar (2015), indican que, para la emisión de raíces en los esquejes requieren de energía la cual se obtiene de los almidones almacenados en el esqueje los cuales actuaran como fuente principal de energía para la iniciación y desarrollo radical. Respecto al sustrato, se observó que, al momento de utilizar tierra propia del lugar (tamizada), no presentaba mucha soltura, por ende, las raíces eran más frágiles y en menor número con relación a los demás sustratos donde se utilizó arena para la formulación. Shiembo et al. 1996, menciona que el sustrato es uno de los medios clave para el incremento de número y longitud de raíces, según su soltura y la porosidad, en la propagación vegetativa, permitiendo la difusión de oxígeno a la base de los esquejes, en la fase de desarrollo de raíces. El tamaño de las partículas y el tipo de sustrato definen las características de retención de agua, también determinan el aprovechamiento de agua en los esquejes, generando un mayor impacto en la fisiología del enraizamiento. Así mismo, Meyer et al. (1972), citado por Montoya y Umazor (2013), mencionan que, las condiciones edáficas ejercen efecto sobre la distribución del sistema radical y la longitud que pueden alcanzar es una característica propia de las especies y puede ser modificada por los factores del suelo. López et al. (2000), afirma que, los suelos con drenaje e inclusión de minerales favorece a la emisión de raíces secundarias.

Los esquejes de *Cleitocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., tuvieron un alto porcentaje de sobrevivencia frente a los sustratos utilizados en este estudio (Figura 20); los tratamientos en esta variable no mostraron diferencias significativas entre sí, hubo pérdidas de, 1 unidad experimental en los tratamientos T3 (Arena gruesa + Humus de lombriz (1:1)) y T4 (Tierra del lugar de colección + Humus de lombriz + Arena gruesa (2:2:1)), de 2 unidades experimentales en T1 (Tierra del lugar de colección) y en T2 (Arena gruesa) no existieron pérdidas de material vegetativo. La sobrevivencia de los esquejes se debió principalmente a las características de la especie y al medio utilizado para el enraizamiento. La pérdida de agua de los esquejes es lenta, característico de estas especies, evitando así, el estrés y marchitamiento de los mismos (Torres 2015). En cuanto al medio de propagación utilizado, pudo notarse la permeabilidad del sustrato por la arena gruesa utilizada como componente en la formulación de los tratamientos; para la propagación de cactáceas por intervención humana, se necesita de la modificación del sustrato a utilizar tal como indica Ostolaza (2014), sobre el sustrato o que tierra usar, hay muchas recetas para su composición se piensa que para las cactáceas debe ser: 33% de arena lavada gruesa, que hace la mezcla más permeable, 33% de tierra de chacra, que absorbe los elementos de nutrición y 33% de tierra vegetal o mantillo de hojas. CONABIO et al. (1997), sugiere que, para la siembra de cactáceas se necesita un sustrato bastante poroso y de buen drenaje para impedir que se acumule el agua que pueda ocasionar pudrición en el cactus, coincidiendo con Ostolaza (2014) quien afirma que además de la porosidad y buen drenaje, no se debe regar hasta que la planta haya absorbido toda la humedad del riego anterior, o sea hasta que la tierra esté del todo seca (Ostolaza 2014).

En la variable número de brotes (Figura 21), los tratamientos en estudio no mostraron diferencias significativas entre sí. Sin embargo, los tratamientos T3 (Arena gruesa + Humus de lombriz (1:1)) y T4 (Tierra del lugar de colección + Humus de lombriz + Arena gruesa (2:2:1)) obtuvieron el mayor promedio de esquejes (0.96) que emitieron brotes en comparación con T1 (Tierra del lugar de colección) y T2 (Arena gruesa). Es evidente que estos tratamientos donde

se obtuvo el mayor promedio, contenían humus de lombriz en su formulación. El humus de lombriz es un abono orgánico. Teniendo influencia de los sustratos en todos los tratamientos y la fisiología de la planta en todos los esquejes por la emisión de un solo brote por esqueje. Lira 1994, considera que los efectos positivos en la biomasa aérea de las plantas se deben a la fertilización por humus de lombriz el cual contiene macro y micronutrientes, como el potasio, hierro y cobre, los cuales contribuyen directamente el proceso del desarrollo vegetal. Autores como Acosta et al. (2014), citados por Borges et al. (2014), afirman que las lombrices (*Eisenia foetida*), son las responsables de la producción de ciertas sustancias como el ácido indolacético, las cuales influyen en el crecimiento vegetal.

Los mejores resultados obtenidos en longitud de brotes en base al promedio fueron encontrados en el tratamiento T3 (humus de lombriz + arena gruesa) con un promedio de 18.05 cm, pudo deberse al hecho de que el humus de lombriz es un abono que facilita nutrientes a las plantas, pudiendo asimilar con mayor facilidad por la disponibilidad en que se encuentran, acelerando el desarrollo de la raíz y los procesos de brotación, floración y maduración del cultivo; además, el humus aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades, creando un entorno equilibrado entre el suelo, planta y medio ambiente. Emison (2010), afirma que, las sustancias húmicas que produce el humus de lombriz son similares a las hormonas vegetales llamadas Auxinas, las cuales provoca el alargamiento de las células de los brotes; concordando con Quevedo 1993, donde indica que el humus de lombriz mejora considerablemente la estructura del suelo, regula el pH y eleva la población de microorganismos, los que incrementan los niveles de nutrición y producción de hormonas de crecimiento las auxinas. Cerqueda (2012), afirma que, el tipo de sustrato si tiene un efecto significativo en el número de brotes y vigorosidad de los mismos al usar en su estudio sustrato compuesto de arena + humus de lombriz y fibra de coco.

El suelo en estudio contenía la presencia de restos lignocelulósicos en su composición y la presencia de numerosas especies de flora como los cactus quienes gracias a su sistema radicular amplio y superficial con presencia de

pelos absorbentes caducos, forman una malla que intervienen en el proceso de erosión y desertificación de los suelos y a su vez condicionan la presencia continua de materia orgánica Magallanes et al.(1997) citado por Huamán (2019) y tenga un pH típico de estos suelos de bosques estacionalmente secos (BTES), estas características se deben probablemente por la cantidad elevada de carbono atrapado en él, por las especies vegetativas las cuales pierden sus hojas anualmente generando suelos muy fértiles y por sedimentos trasladados por las lluvias (Pérez 2016). Mooney et al. (1995) y Pennington et al. (2000) citados por Linares-Palomino (2005) afirman que tradicionalmente se ha considerado que los suelos de los bosques estacionalmente secos son muy fértiles, con niveles moderados a altos de pH y nutrientes y niveles bajos de aluminio (estudios de Ratter et al. (1973) en Brasil). En este tipo de bosques, los procesos de lixiviación son mucho menores y más lentos por la estacionalidad de las lluvias por lo que los suelos son más fértiles Linares-Palomino (2004); sin embargo, se menciona que no existen estudios cuantitativos comparativos que justifiquen tal afirmación. Y más aún, dado que estos bosques ocupan ambientes con características climáticas, latitudinales y altitudinales diversas. Suelos y condiciones aptos para presenciar especímenes de cactáceas características de estas superficies terrestres.

Las características físicas y químicas del humus de lombriz, se deberá a la materia orgánica utilizada para su obtención, el utilizado fue proveniente de hojas y restos de especies vegetativas de parques y jardines. Este insumo orgánico sólido, elimina las características no deseadas en el estiércol de la lombriz roja (*Eisenia foetida*), ya que ni fermenta ni se pudre y presenta dos claras ventajas en relación con los abonos orgánicos: es prácticamente neutro (pH entre 7,5 y 8,5) y contiene abundante flora bacteriana (miles de millones de colonias por g de producto) Durán (2007). Autores como Werner y Cuevas (1996), citados por Durán (2007), indican que las propiedades nutricionales pueden variar mucho entre sí, debido a los tipos de desechos utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de los materiales orgánicos y el manejo en que se lleve a cabo la obtención de humus de lombriz.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 2.1. Conclusiones

La propagación vegetativa de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., material de propagación proveniente del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) de Jaén, concluye que, el tratamiento T2 (arena gruesa), es el mejor sustrato para obtener mejores mayor número y longitud de raíces en esquejes de la especie, con una longitud promedio de 4.46 cm; pero en este tratamiento, los esquejes no lograron alcanzar las cantidades y longitudes adecuadas de brotes, comparado con el tratamiento T3 (arena gruesa + humus de lombriz), los cuales alcanzaron longitudes significativas.

Teniendo en cuenta los resultados de las variables evaluadas para cada uno de los tratamientos, como: el número de raíces, longitud de raíces, porcentaje de sobrevivencia, número de brotes y longitud de brotes; el sustrato obtenido de arena gruesa + humus de lombriz, en una proporción de 1:1 para cada uno de los componentes, correspondiente al tratamiento T3, sería el sustrato más adecuado para la propagación vegetativa de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb., a partir de esquejes, debido a que se requiere que los esquejes tengan formación de raíces y brotes vigorosos; reflejado en el número de brotes promedio (0.96) y el desarrollo de la longitud de brotes promedios (18.06 cm), como lo demostró este tratamiento.

Tomando en cuenta el periodo de evaluación de sobrevivencia de los esquejes frente al tipo de sustrato utilizado, los cuatro tratamientos en estudio, presentaron alto valor de sobrevivencia, observándose la formaron de raíces y brotes.

#### 2.2. Recomendaciones

En futuras investigaciones, se deben usar otros sustratos como mulch, restos de carpintería, fibra de coco y pajilla de arroz, y la colección y puesta en

prueba en diferentes épocas del año, donde hay variaciones de las condiciones climáticas y en función del tipo de sustrato que se utilice.

Los esquejes que se preparen con fines de propagación de la especie, deben ser cortados en bisel, en 45° aproximadamente, en la base y el ápice, el cual permitirá una rápida formación de raíces y brotes, luego dejar cicatrizar de entre 3 a 5 días, por su propia morfología y fisiología de la especie, evitando la deshidratación de los esquejes.

Evaluar otras variables en la propagación de los esquejes de la especie, como el peso de las raíces y diámetro de brotes, para de esta manera definir con mayor exactitud los componentes del sustrato que se debe utilizar en la propagación vegetativa de la especie.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, E.; Araujo, E.; Rodríguez, S.; Valdivia, A.; Fuentes, L.; Pérez, Y. 2018. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. Santa clara-Cuba. Ctro.Agr. Vol 45 (1). 52-61 P.

Aguilar, G. 2015. Evaluación de tres enraizantes y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla *Cereus triangularis* (L.) Haw., en Yantzaza. (en línea). Consultado 3 nov. 2017. Disponible en <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10031>

Arakaki, M.; Ostolaza, C.; Cáceres, F. y Roque, J. 2006. Cactaceae endémicas del Perú. (en línea) Revista Peruana de Biología. Versión On-line ISSN 1727-9933. Rev. peru biol. v.13 n.2 Lima dic. 2006. Consultado 11 feb. 2017. Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/viewFile>.

Arredondo, A. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. (en línea) San Luis de Potosí-México. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle>.

ASYCS (Asociación Yucateca de Cactáceas y Suculentas, México). 2010. Manual básico para cultivo de cactáceas y suculentas. Yucatán, México. 10 p.

Bauer, G y Hernández, R. 2004. Las cactáceas de Coahuila, México (en línea). Consultado 11 feb. 2017. Disponible en <http://www.sema.gob.mx>.

Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México. México. Vol. 1. 755 p.

Borges, J.; Barrios, M.; Chávez, A. y Avendaño, R. 2014. Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morera alba* L.). Venezuela. Bioagro 26(3). 159-164 p.

Ceroni, A y Castro, V. 2013. Manual de cactus, identificación y origen (en línea) Dirección General de Diversidad Biológica. Lima. Ministerio del Ambiente.

Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites>.

Ceroni, A.; Calderón, N. y Castro V. 2006. Taxonomía, ecología y conservación ex situ de las cactáceas de Lima, Perú. Consultado el 11 de nov. 2018. Disponible en <file:///C:/Users/user/Downloads/556-2216-1-PB.pdf>.

Cerqueda, H. 2010. Propagación sexual y asexual de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.) (en línea). Tesis Mag. Sc. Oaxaca-México. Consultado 22 jun. 2017. Disponible en <http://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/9870>.

Cirso, V. 2017. Hormonas Ana y Aib para la propagación asexual en esquejes de la pitahaya roja (*Hylocereos undatus*). Tesis Lic. Ing. Agr. Quevedo-Los Ríos-Ecuador. 68 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México); SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México); PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, México); Universidad Nacional Autónoma de México. 1997. Suculentas Mexicanas Cactáceas. 141 p.

Cota-Sánchez. J. 2008. Evolución de cactáceas en la región del Golfo de California. pp 67-79. En: Estudios de las Islas del Golfo de California. Flores-Campaña, L.M. (ed). Universidad Autónoma de Sinaloa-Gobierno del Estado de Sinaloa-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 221 p.

Chocaca, M. 2019. Interacción de tipos de sustrato con dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis*) en el distrito de Churuja - Región Amazonas, 2017 (en línea) Tesis Ing. Agr. Amazonas-Perú. Consultado 03 mar. 2020. Disponible en <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1773>.

Durán, R. y Méndez, M. 2010. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán (en línea). Yucatán-México. Consultado 28 oct. 2017. Disponible en <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/sitios/biodiversidad/pdfs/Indice>.

Duran, L.; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. (en línea) *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51. ISSN:0377-9424. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en [file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-CharacterizacionQuimicaFisicaYMicrobiologicaDeVermi-2574777%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-CharacterizacionQuimicaFisicaYMicrobiologicaDeVermi-2574777%20(3).pdf).

Emison, 2010. Vermicompost (en línea). Barcelona, España. Consultado 1 abr. 2020. Disponible en <http://www.emison.com/5105.htm>.

Espinoza, L., Slaton, N., & Mozaffar, M. 2012. Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. (en línea) *Agricultura y Recursos Naturales*. Consultado 20 dic. 2020. disponible en <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>

Garrido, S.1993. Interpretación de análisis de suelos. Guía práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis. Getafe, Madrid, España: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

González, C.; De Luca, L. y Manzoni, M. 2013. Apuntes técnicos para el vivero familiar: Con enfoque agroecológico (en línea). Consultado 3 ene. 2017. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/apuntes-técnicos-vivero>.

Hartmann, H. y Kester, D. 1991. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México D.F. ISBN 968- 26- 0789- 2.

Huamán, E. 2019. Caracterización de las cactáceas del estacionalmente seco del Marañon, Utco – Cajamarca – Balzas – Amazonas. Tesis Ing., Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 60 p.

Lira, S. 1994. Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. Editorial Trillas. México. 237 p.

Linares-Palomino, R. 2004. Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. el concepto de los bosques secos en el Perú. Lima, Perú. *Arnaldoa* 11(1): 85 - 102.

López, R.; Días J.C.; Flores G. 2000. Propagación vegetativa de tres especies de cactáceas: pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*Stenocereus stellatus*) y jotilla

(*Escontria chiotilla*). (en línea) Agrociencia 34(4). Consultado 14 may. 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234313.pdf>.

Marcelo-Peña, JL; Pennington, RT; Reynel, C; Zevallos; P. 2010. Guía ilustrada de la flora leñosa de los Bosques Estacionalmente Secos de Jaén. 1 ed. Marcelo-Peña, JL (ed.). Lima, Perú. Tarea Asociación Gráfica Educativa. 288 p.

Montoya, R; Umanzor, M. 2013. Evaluación de diferentes sustratos usados en la propagación de las especies de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) y pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt et Rose). Tesis Lic. Ing. Agr. Managua-Nicaragua. 45 p.

Morales, JF. 2005. Orquídeas, cactus y bromelias del bosque seco Costa Rica (en línea). 186 p. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/J\\_Morales6/publication/273945105.pdf](https://www.researchgate.net/profile/J_Morales6/publication/273945105.pdf)

Mostacero, J; Mejía, F; y Gamarra, O. 2009. Fanerógamas del Perú: Taxonomía, utilidad y ecogeografía. 1 ed. CONCYTEC (ed.). Trujillo, Perú. 1331 p.

Ostolaza, C. 2006. Categorización y conservación de cactáceas peruanas SPECS (en línea). Consultado 27 oct. 2017. Disponible en <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/viewFile>.

Ostolaza, C. 2011. 101 cactus del Perú (en línea). Perú. Consultado 2 feb. 2017. Disponible en <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam>

Ostolaza, C. 2014. Todos los cactus del Perú (en línea). Perú. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica>.

Ortiz Z., LP. 2019. Efecto de tres mezclas de sustrato en la propagación de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) por estacas bajo condiciones de invernadero en el distrito de independencia - Provincia de Huaraz – departamento de Ancash-2019 (en línea). Tesis Ing. Agr. Huaraz, Perú. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4080/T033\\_4792200\\_0\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4080/T033_4792200_0_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Oviedo, M. 2003. Mantenimiento y propagación de cactáceas y crasuláceas para su conservación en el Jardín Botánico IB-UNAM. Tesis Lic. Bio. Iztapalapa- México. 40 p.

Panchuelo, A. 2010. Xerojardinería, Asesoramiento para cultivar plantas resistentes a la sequía. Córdoba, Colombia. 28 p.

Pastor, JN. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Terra Latino americana 17(3):231-235

Pérez, D. 2006. Marañón, evaluación de servicios ecosistémicos (en línea). WWF Perú. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf\\_factsheet01\\_web.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_factsheet01_web.pdf)

Pizarro, J. 2014. Cactáceas de Tacna (en línea). Tacna, Perú. 86 p. consultado el 22 feb. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Pizarro9/publication/283644660\\_Cactaceas\\_de\\_Tacna/links/564247e508aebaaea1f8d5b4.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Pizarro9/publication/283644660_Cactaceas_de_Tacna/links/564247e508aebaaea1f8d5b4.pdf).

Quevedo, A. 1993. Influencia del humus de lombricultura en el crecimiento inicial de cedro colorado en plantación a campo abierto y comportamiento al ataque de *Hypshiphylla* sp. (en línea). Revista Folia Amazónica Vol. 5 (1-2). Consultado 10 dic. 2020. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292014000200013](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000200013).

Reyes, S. J., A. Gutiérrez de la R. y B. J. Sevilla. 2001. Producción de Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Cuadernos de comunicación sindical. Núm. 63, 23 pp.

Reyes, J. 2009. Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas (en línea). Consultado 11 feb. 2017. Disponible en [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Manual\\_Practico-Conservacion](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Manual_Practico-Conservacion).

Rivas, M. 1996. Cactáceas y suculentas del Jardín Botánico Lankester. San José – Costa Rica. 88 p.

Rocha, M. 2013. Micropropagación In Vitro de cactus Cola de rata *Aporocactus flagelliformis* (L) (en línea). Consultado 7 nov. 2018. Disponible en: <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1082/1/RIUT-AAA-spa-2014-Micropropagaci>.

Salas L. 2014. Aplicación de zeolitas en la propagación, aclimatación y reintroducción de Cactáceas en dos Zonas Ecológicas del Noreste de México (en línea). Consultado 3 nov. 2017. Disponible en <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/16658/21224>.

Señoret F., Acosta J. 2013. Cactáceas endémicas de Chile, guía de campo. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción-Chile. 250 p.

Shiembo P., Newton A. y Leakey R. 1996. Vegetative propagation of *Irvingia gabonensis*, a West African fruit tree. En: *Forest Ecology and Management*. Nº. 87, p. 185-192.

Suárez, R. 2011. Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt & Rose y Pitahaya Roja *Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt & Rose. Tesis Mag. Sc. Colombia. 180.

Trevizan, J; Baltierra, H. 2018. Evaluación de propagación asexual en dos especies de cactus: *Corryocactus brevistylus* K. Schum. y *Oreocereus leucotrichus* (Philippi) Wagenknecht, endémicos, pertenecientes al sector de precordillera de la XV región de Arica y Parinacota, Chile. *IDESIA* 36(4):109-120.

Torres, E. 2015. Propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el Cantón Puerto, Quito. Tesis Lic. Ing. Agr. Quevedo-los Ríos-Ecuador. 64 p.

Vargas, G; Ortiz, Y; Alcántar, G. 2003. Propagación vegetativa de *Hylocereus undatus* y su relación con el AIB y sustrato. *Cactáceas y suculentas mexicanas*. Tomo XLVII (Nº 4). 111-117 p.

Vásquez, Y; Orozco, A; Rojas, M, Esther, S; Cervantes, V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Primera Edit. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 120 p.

Vásquez, R; Rojas, RP. 2006. Plantas de la Amazonía peruana: Clave para identificar las Familias de Gymnospermae y Angiospermae. Trujillo, Perú. 2 ed. 258 p.

Vílchez, J., N. Albano, J. Gadea, Z. Viloría y C. Castro. 2011. Propagación asexual de *Psidium guajava* L. mediante la técnica de acodo aéreo. pp. 4-24. En: Viloría, Z. (ed.). Aplicación de algunas técnicas de multiplicación en *Psidium guajava* L. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

## CAPÍTULO VII

### ANEXO

#### Anexo 1. Certificación de la identificación botánica

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ  
CONSULTOR BOTÁNICO  
C. B. P. Nº 3796  
Tel: 017512863 Cel. 963689079  
Email: jocamde@gmail.com



### CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

#### CERTIFICA:

Que, DIANA MEDALY CASTILLO LIZANA, Bachiller en Ciencias Forestales, egresada de la Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén, con fines de investigación científica para desarrollar su tesis titulada: “Propagación Vegetativa de *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. proveniente del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Jaén, Cajamarca”, ha solicitado la identificación y certificación botánica de una planta recolectada en bosque seco de la provincia de Jaén del departamento de Cajamarca, donde es conocida con el nombre vulgar de “cactus”, la muestra con flores y frutos ha sido estudiada e identificada como *Cleistocactus tenuiserpens* Rauh & Backeb. Según el Sistema de clasificación APG, sistema moderno de clasificación de las angiospermas publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016) comparado con el Sistema Integrado de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

CATEGORÍAS	SISTEMA APG IV-2016	SISTEMA CRONQUIST 1981
REINO	Plantae	Plantae
DIVISIÓN	Angiospermae	Magnoliophyta
CLASE	Equisetopsida	Magnoliopsida
SUBCLASE	Magnoliidae	Caryophyllidae
SUPERORDEN	Caryophyllanae	.....
ORDEN	Caryophyllales	Caryophyllales
FAMILIA	Cactaceae	Cactaceae
GENERO	<i>Cleistocactus</i>	<i>Cleistocactus</i>
ESPECIE	<i>Cleistocactus tenuiserpens</i> Rauh & Backeb.	<i>Cleistocactus tenuiserpens</i> Rauh & Backeb.

Sinónimo: *Borzicactus tenuiserpens* (Rauh & Backeb.) Kimmach

Se expide la presente certificación para fines de investigación científica.

Lima, 12 de marzo del 2020

  
José R. Campos De La Cruz  
BIOLOGO  
C.B.P. 3796

Jr. Sánchez Silva 156 – 2do. Piso- Urbanización Santa Luzmila – Lima 07

Anexo 2. Análisis fisicoquímico del suelo



**Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.**

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	29/01/2021	N° Registro	JD21-0003
Usuario	DELGADO CHICCHON YESENIA		
Procedencia de la muestra	Provincia	JAEN	
	Distrito	JAEN	
	Comunidad		0
	Predio		0
	Parcela	0	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	6.57	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.40	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	817.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	708.00	-
M.O. (%)	3.00	Medio
N total (%)	0.15	Medio
P disponible (ppm)	11.44	Medio
K disponible (ppm)	179.50	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	19.30	Alto
Ca cambiante (me/100g)	11.88	-
Mg cambiante (me/100g)	1.19	-
K cambiante (me/100g)	0.59	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	70.82	Medio
Acidez de cambio (me/100g)	5.64	Medio

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



*Oscar Narváez Tejada*  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

### Anexo 3. Certificado de ensayo de análisis químico del suelo y humus de lombriz



**CERTIFICADO DE ENSAYO OIKOSLAB N°1674-2020**

Tesista : Bach. Diana Medaly Castillo Lizana  
 Institución : Universidad Nacional de Cajamarca  
 Fecha de recepción : 13-03-2020  
 Proyecto de tesis :  
**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Cleistocactus tenuisserpens* Rauh & Backenb PROVENIENTE DEL BOSQUE TROPICAL ESTACIONALMENTE SECO DE JAÉN, CAJAMARCA**

I.-Datos de la muestra  
 Muestra proporcionada por la investigadora  
 Procedencia : Suelo de Bosque Tropical Estacionalmente Seco  
 Fecha y hora de muestreo : 06-03-2020  
 Ubicación de la muestra : Suelo proveniente del Área de Conservación Privada Gotas de Agua y humus de lombriz del Vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén.  
 Distrito : Jaén  
 Provincia : Jaén  
 Departamento : Cajamarca

II.- Resultados

Parámetros	Unidades	Resultados	
		Suelos	Humus
Potencial de iones hidrógeno	Unidades de pH	8.36	8.41
Conductividad eléctrica	mS/cm	0.43	11.86
Calcio (Ca)	meqCa <sup>+2</sup> /100g	12.90	16.58
Magnesio (Mg)	meq Mg <sup>+2</sup> /100	6.32	6.45
Material Orgánica	%	5.55	22.54
Nitrógeno (N)	%	0.20	1.12
Carbono (C)	%	3.20	13.10
Fósforo (P)	mg/Kg	20.00	900.00
Potasio Extraíble (K)	mgK/Kg	300	15,000
Potasio intercambiable (K')	meqK'/100	0.38	19.23
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	%	0.10	4.12
Sodio (Na)	meqNa <sup>+</sup> /100	0.22	11.34
Aluminio (Al)	meq Al <sup>+3</sup> /100	0.001	0.002

  
 José A. Delgado Soto  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757



Pje. San Pedro N°113 - Morro Salar Alto - Jaén  
 Cel. 970911920  
 jads14@hotmail.com

## Anexo 4. Glosario de términos

**Actinomorfas.** Flores que pueden dividirse en mitades simétricas por dos planos distintos, a lo menos.

**Adaptación.** Capacidad de un organismo o ser vivo, de ajustarse fisiológicamente a un determinado ambiente.

**Angiospermas.** Plantas con flores que producen semillas encerradas y protegidas dentro de una cavidad cerrada (ovario o fruto). Son las mejor arraigadas entre las plantas actuales. Habitan desde regiones tropicales hasta regiones polares, de tierras húmedas hasta los desiertos.

**Ápice.** Parte terminal en que culmina cualquier órgano, tallo, espina y hoja.

**Apomixis.** Tipo reproductivo donde la producción de semilla ocurre sin fusión de gametos, resultando por generaciones, en descendencia que genéticamente, es copia fiel del progenitor materno.

**Areolas.** Pequeña concavidad o foseta que se presenta en algunos órganos.

**Arista.** Extremo delgado y rígido de algunos órganos vegetales.

**Botánica.** Rama de la biología, ciencia que estudia los vegetales. El nombre se deriva de la palabra griega “botane”, que significa “hierba, planta”.

**Brote.** Se llama brote a los nuevos crecimientos de las plantas, que pueden incluir tallos, yemas y hojas.

**Caducifolios.** Generalmente árboles y arbustos que pierden después de los meses de crecimiento, floración y maduración de sus frutos, su follaje anual.

**Cladodios.** Rama de forma comprimida o hasta laminar, como se caracteriza a los nopales o tunas, ramas comúnmente llamadas pencas.

**Carpelo.** Cada una de las hojas transformadas que componen el gineceo. Sección de un ovario donde se originan los óvulos. Hoja floral que tiene óvulos a lo largo de sus bordes.

**Costilla.** Filete, cresta o listel que forma resalto más o menos pronunciado en la superficie de diversos órganos vegetales. En los tallos de las cactáceas corresponde a podarios unidos sucesivamente a lo largo del tallo.

**Deciduo.** Término usual para las especies que pierden las hojas con facilidad.

**Deshiscencia.** Sistema de abertura natural del pericarpio de ciertos frutos o de las anteras de un estambre, para dar salida a la semilla o al polen.

**Epífita.** Planta que vive sobre otra, sin tomar su nutrición de su hospedero. No es una acción parasitaria, sino simbiótica o convivencia armónica.

**Epígino.** Se refiere a las estructuras que están situadas por encima del ovario.

**Especie.** Una especie está formada por organismos vivos. Una especie es capaz de reproducirse por sí misma. Una especie es, por lo regular, una población, o sistema de poblaciones, natural; raramente es un individuo (Cano & Marroquín 1994).

**Esqueje.** Fragmento de una planta que se introduce en un sustrato hasta formar una nueva planta.

**Estigma.** Porción apical de la hoja carpelar, de forma variada, las más veces provista de células papilares, la cual rezuma en muchos casos, un líquido azucarado y pegajoso. El estigma es adecuado para retener el polen y para que germine en él.

**Estilo.** En el gineceo, parte superior del ovario, prolongada en forma de estilete, que remata en uno o más estigmas.

**Género.** Unidad de la clasificación de los organismos, en la que se agrupan las especies animales y vegetales más emparentadas entre sí mismos.

**Gineceo.** Es el cuarto verticilio floral y segundo esencial, es el órgano sexual femenino de la flor también llamado pistilo, se forma por una o más hojas carpelares que en conjunto forman un recipiente que toma el aspecto de botella.

**Hipanto.** La parte axial de una flor soldada al ovario de ella.

**Lianescente.** De tallos poco consistentes que necesitan apoyarse sobre cualquier sustrato para crecer y realizar sus funciones normales.

**Lóculo.** Cavidad del ovario o fruto donde se almacenan los óvulos o semillas.

**Lombricomposta.** (humus de lombriz) material similar a la tierra, producido a partir de residuos orgánicos, alto en nutrientes y utilizado comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes.

**Orden.** Grupo empleado en la clasificación de los animales y de las plantas, que incluye varias familias con características semejantes.

**Ovario.** Cavidad constituida por la base de una hoja carpelar concrecente por sus bordes o por varias hojas carpelares soldadas por lo menos por sus partes inferiores que contiene el o los rudimentos seminales u óvulos.

**Perianto.** Envoltura floral, compuesta de sépalos y pétalos. Usado especialmente en cactáceas en donde esas piezas florales no pueden distinguirse unas de otras debido a su disposición en una serie helicoidal, por lo que a estas piezas se les llama tépalos.

**Periginas.** Se dice de la flor que presenta los sépalos, los pétalos y los estambres insertos en el receptáculo por encima del gineceo, estando este más o menos libre (ovario semiínfero).

**Perigonio.** Que rodea a los órganos sexuales. Cáliz y corola de igual color.

**Podario.** Como podio, pie, sustentáculo; es decir, el internodio que sirve de pie a una rama axilar que brota de su nudo apical. En las cactáceas dicese de la base foliar, dilatada y expandida en forma de un pequeño tubérculo, que sirve de pie a la aréola vegetativa.

**Receptáculo.** En sentido amplio, la posición de origen axial (tallo) en que descansan los diversos verticilos florales después de haberlos formado a expensas de sus tejidos meristemáticos.

**Sépalos.** Verticilos de estructuras estériles como hojas, que comúnmente encierran a las otras partes florales.

**Suculento.** Se dice de los tallos, hojas, etc., o de toda la planta, cuando son crasos, es decir, muy carnosos, gruesos y llenos de jugo, como los de las cactáceas.

**Tecadas.**

**Tepojal.** Material pétreo (aquel material derivado de rocas que sea susceptible de ser utilizado como material de construcción, para la fabricación de estos o como elemento de ornamentación), de color blanco grisáceo, inerte y de gran porosidad, barato y de fácil adquisición.

**Traspatio.** Agroecosistema integrado por cuatro componentes: agrícola, pecuario, agua e infraestructura y equipo.

**Tricomas.** Cualquier excrecencia epidérmica, sea de la forma que sea, tales como escamas, papilas y pelos.

**Tubo.** En cactáceas aplíquese generalmente al tubo receptacular, es decir, a la parte del receptáculo cilíndrico y hueca formada por la concrecencia de las bases de los segmentos del perianto.

**Turba.** Carbón ligero, esponjoso y de aspecto terroso que se forma en lugares pantanosos debido a la descomposición de restos vegetales.

**Vástago.** Tallo que acaba de brotar de una planta.

**Verticilos.** Conjunto de hojas modificadas que forman la flor. Cada ciclo vegetativo de la flor.

**Xerofita.** Planta adaptada a vivir en condiciones de sequías prolongadas.

**Zeolita.** Familia de minerales aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos o sea de 3 a 10 angstroms.

**Zigomorfas.** Con un solo plano de simetría. Se opone a actinomorfo.

Anexo 5. Cuadros de evaluación

TRATAMIENTO	NUMERO DE ESQUEJES	NUMERO DE RAICES	LONGITUD DE RAICES	SOBREVIVENCIA EN ENRAIZAMIENTO (%)	ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES	NUMERO DE BROTES	LONGITUD DE BROTES
T1	1	1	12.9	1	1	1	12.5
		2	9				
		3	7.8				
	PROMEDIO	<b>3</b>	<b>9.9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12.5</b>
	2	1	4.4	1	1	1	4.2
		2	4				
		3	3.6				
		4	2.4				
	PROMEDIO	<b>4</b>	<b>3.6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4.2</b>
	3	1	10.7	1	1	1	6.5
		2	9.4				
		3	2.5				
		4	2				
	PROMEDIO	<b>4</b>	<b>5.07</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>6.50</b>
	4	1	3.2	1	1	1	5
		2	2.5				
3		1					
4		1.5					
PROMEDIO	<b>4</b>	<b>2.05</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>2.5</b>	
5	1	9.2	1	1	1	4.9	
	2	6.8					
PROMEDIO	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4.9</b>	
6	1	5.5	1	1	1	17.3	
	2	4.6					
PROMEDIO	<b>2</b>	<b>5.05</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>17.3</b>	

TRATAMIENTO	NUMERO DE ESQUEJES	NUMERO DE RAICES	LONGITUD DE RAICES	SOBREVIVENCIA EN ENRAIZAMIENTO (%)	ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES	NUMERO DE BROTES	LONGITUD DE BROTES
T2	1	1	13.4	1	1	1	6.3
		2	12.3				
		3	6.2				
		4	5				
		5	4				
	PROMEDIO	<b>5</b>	<b>8.18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6.3</b>
	2	1	17.5	1	1	1	2.6
		2	7.5				
		3	3.4				
		4	3.3				
		5	2.2				
	PROMEDIO	<b>5</b>	<b>6.78</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2.6</b>
	3	1	16	1	1	1	3.5
		2	14.8				
		3	4.5				
		4	3.4				
PROMEDIO	<b>4</b>	<b>9.68</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.50</b>	
4	1	14	1	1	1	3.7	
	2	12					
	3	9					

	4	8.8				
	5	8.9				
PROMEDIO	5	10.54	1	1	1	3.7
5	1	14	1	1	1	4
	2	8.3				
	3	7.5				
	4	7				
PROMEDIO	5	8.66	1	1	1	4
6	1	13.2	1	1	1	3.3
	2	13.1				
	3	12.5				
	4	9.8				
PROMEDIO	5	11.3	1	1	1	3.3

TRATAMIENTO	NUMERO DE ESQUEJES	NUMERO DE RAICES	LONGITUD DE RAICES	SOBREVIVENCIA EN ENRAIZAMIENTO (%)	ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES	NUMERO DE BROTES	LONGITUD DE BROTES
T3	1	0	0	0	0	0	0
	2	1	17	1	1	1	26
		2	11.1				
		3	10.9				
		4	10				
	PROMEDIO	4	12.25	1	1	1	26
	3	1	15.8	1	1	1	20.8
		2	14.7				
		3	12.9				
		4	5.5				
		5	5.3				
		6	5				
	PROMEDIO	6	9.87	1	1	1	20.8
	4	1	7.2	1	1	1	12
		2	5				
		3	4.9				
		4	4.4				
	PROMEDIO	4	5.375	1	1	1	12
	5	1	14.8	1	1	1	23
		2	7.1				
		3	6				
	PROMEDIO	3	9.3	1	1	1	23
	6	1	7.3	1	1	1	16
		2	5.3				
3		4.5					
4		4.4					
PROMEDIO	4	5.375	1	1	1	16	

TRATAMIENTO	NUMERO DE ESQUEJES	NUMERO DE RAICES	LONGITUD DE RAICES	SOBREVIVENCIA EN ENRAIZAMIENTO (%)	ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES	NUMERO DE BROTES	LONGITUD DE BROTES
T4	1	1	10.2	1	1	1	10.5
		2	9.7				
		3	7.5				
		4	3.7				
	PROMEDIO	4	7.775	1	1	1	10.5
	2	1	15.3	1	1	1	11.8
		2	13.8				
		3	12.9				
		4	11.5				
	PROMEDIO	4	13.375	1	1	1	11.8
	3	1	2.2	1	1	1	4.4
		2	2				
		3	1.2				
	PROMEDIO	3	1.8	1	1	1	4.4
	4	1	11.7	1	1	1	10.8
		2	7				
	PROMEDIO	2	9.35	1	1	1	10.8
	5	1	10.6	1	1	1	9.4
		2	8.9				
		3	7				
		4	6.9				
		5	5				
	PROMEDIO	5	7.68	1	1	1	9.4
	6	1	7.8	1	1	1	10.6
2		7.6					
PROMEDIO	2	7.7	1	1	1	10.6	

Anexo 6. Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable número de raíces en el software SAS 9.4.

---

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

---

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Trat	4	1 2 3 4

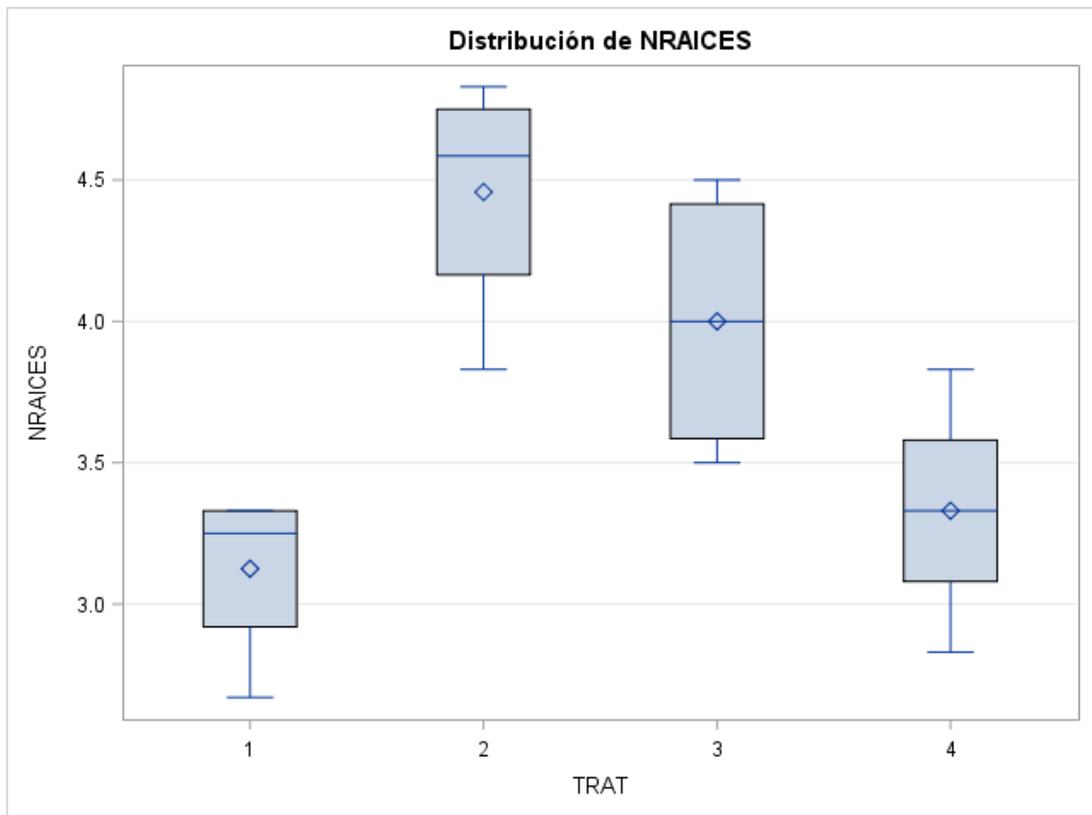
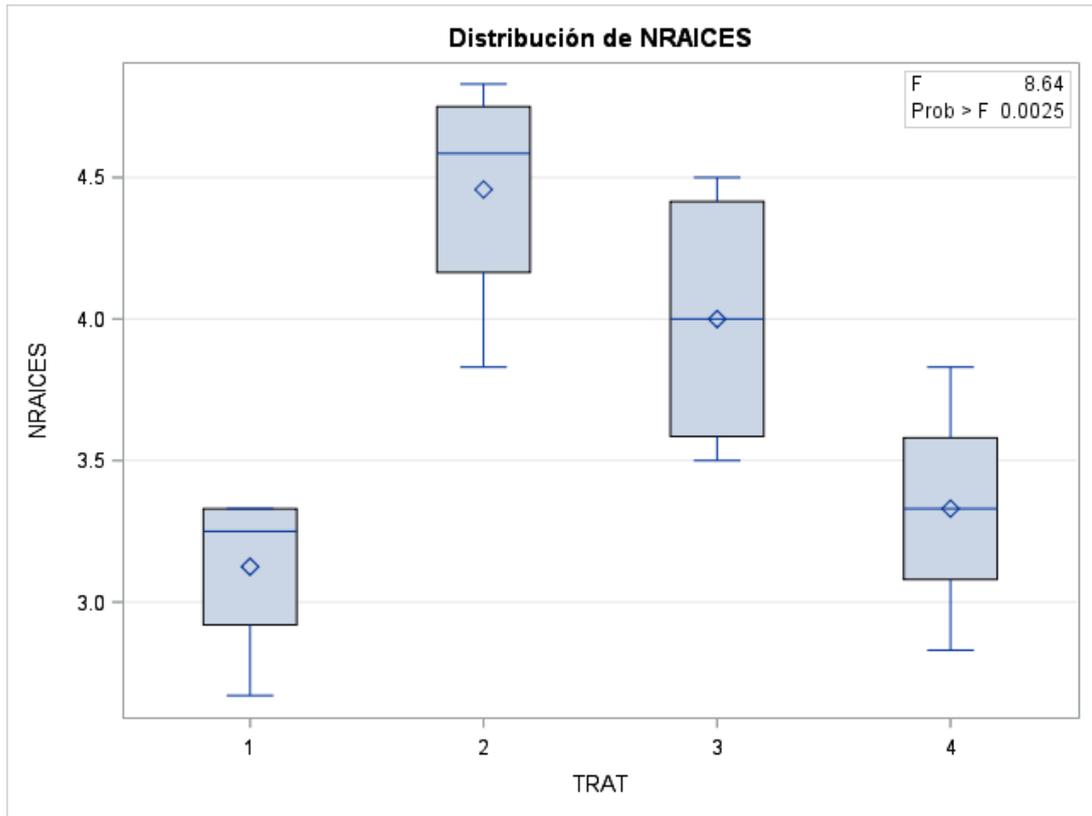
Número de observaciones leídas 16

Número de observaciones usadas 16

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4.51266875	1.50422292	8.64	0.0025
Error	12	2.09037500	0.17419792		
Total corregido	15	6.60304375			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Nraices Media
0.683423	11.19518	0.417370	3.728125

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	3	4.51266875	1.50422292	8.64	0.0025



Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Nraices

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	0.174198
Valor crítico del rango estudentizado	4.19851
Diferencia significativa mínima	0.8762

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	4.4575	4	2
A			
B A	4.0000	4	3
B			
B	3.3300	4	4
B			
B	3.1250	4	1

Anexo 7. Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable longitud de raíces en el software SAS 9.4.

---

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

---

Procedimiento ANOVA

---

Información de nivel de clase

---

Clase	Niveles	Valores
TRAT	4	1 2 3 4

---



---

Número de observaciones leídas 16

---

Número de observaciones usadas 16

---

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	54.99071875	18.33023958	11.59	0.0007
Error	12	18.97317500	1.58109792		
Total corregido	15	73.96389375			

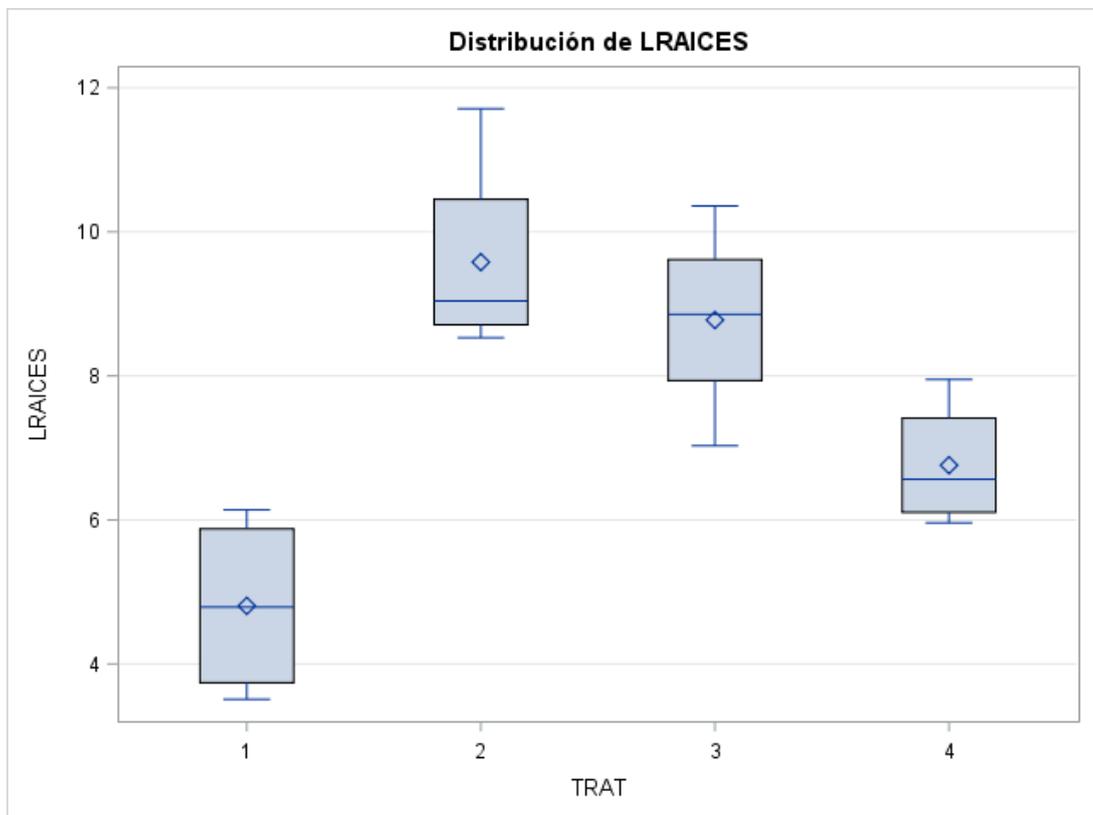
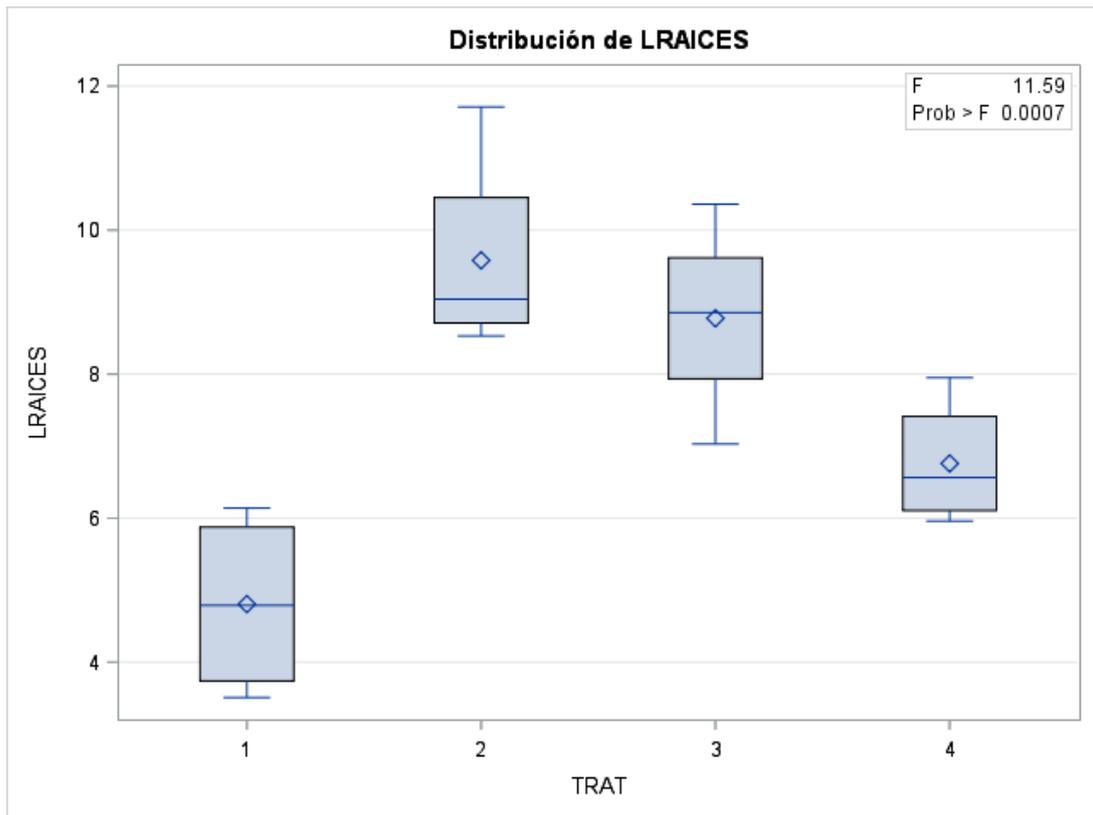
---

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	LRAICES Media
0.743481	16.80899	1.257417	7.480625

---

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	3	54.99071875	18.33023958	11.59	0.0007

---



Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para LRAICES

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	1.581098
Valor crítico del rango estudentizado	4.19851
Diferencia significativa mínima	2.6396

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	9.5800	4	2
A			
B	8.7750	4	3
B			
B	6.7600	4	4
C			
C	4.8075	4	1

Anexo 8. Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento en el software SAS 9.4.

---

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

---

Procedimiento ANOVA

---

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRAT	4	1 2 3 4

---

Número de observaciones leídas 16

---

Número de observaciones usadas 16

---

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	138.9444500	46.3148167	0.80	0.5174
Error	12	694.7222500	57.8935208		
Total corregido	15	833.6667000			

---

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	SOBREVIVENCIA Media
0.166667	7.939665	7.608779	95.83250

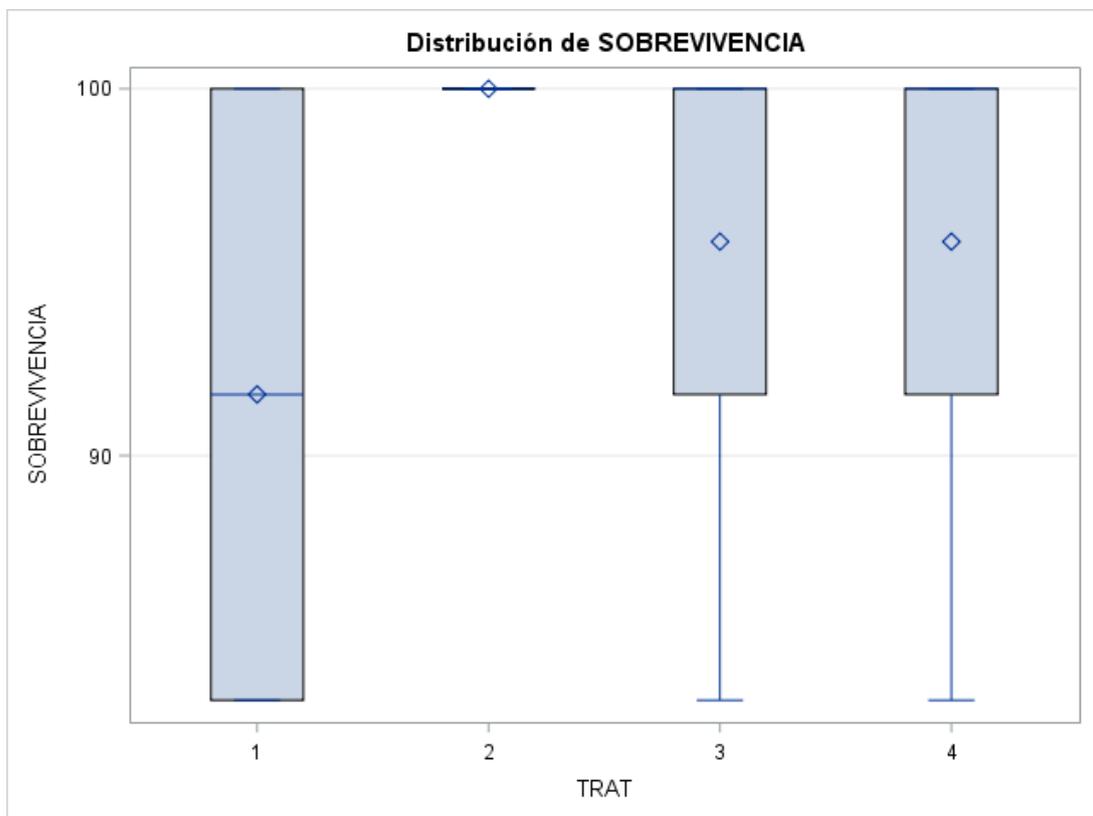
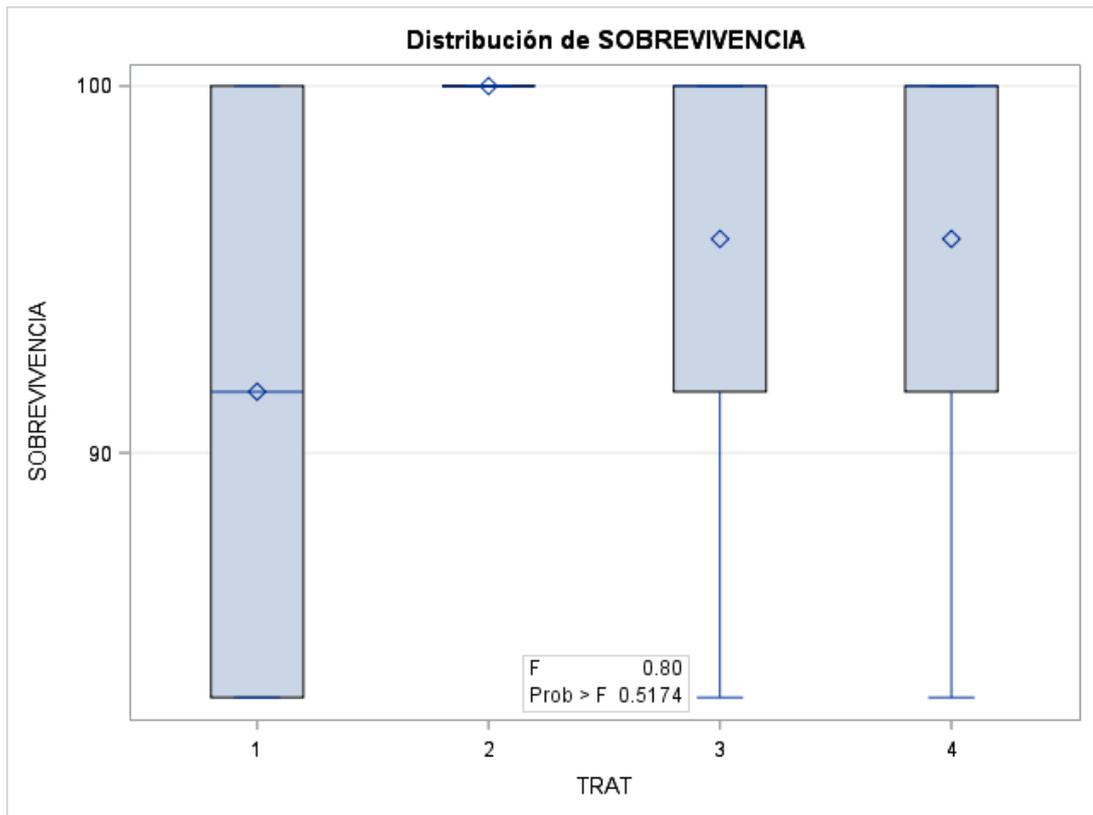
---



---

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	3	138.9444500	46.3148167	0.80	0.5174

---



Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para SOBREVIVENCIA

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	57.89352
Valor crítico del rango estudentizado	4.19851
Diferencia significativa mínima	15.973

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	100.000	4	2
A			
A	95.833	4	3
A			
A	95.833	4	4
A			
A	91.665	4	1

Anexo 9. Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable número de brotes en el software SAS 9.4.

---

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

---

Procedimiento ANOVA

---

Información de nivel de clase

---

Clase	Niveles	Valores
TRAT	4	1 2 3 4

---



---

Número de observaciones leídas 16

---

Número de observaciones usadas 16

---



---

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.08626875	0.02875625	1.02	0.4188
Error	12	0.33892500	0.02824375		
Total corregido	15	0.42519375			

---



---

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NBROTES Media
0.202893	18.97629	0.168059	0.885625

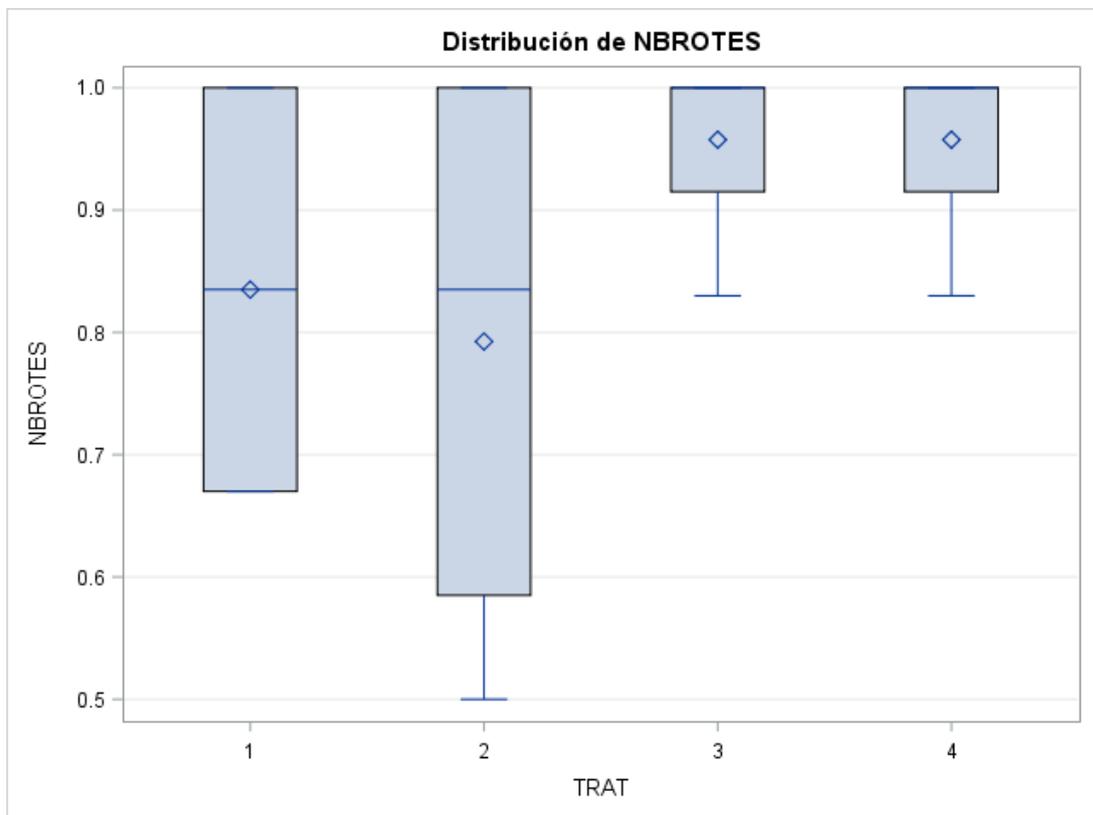
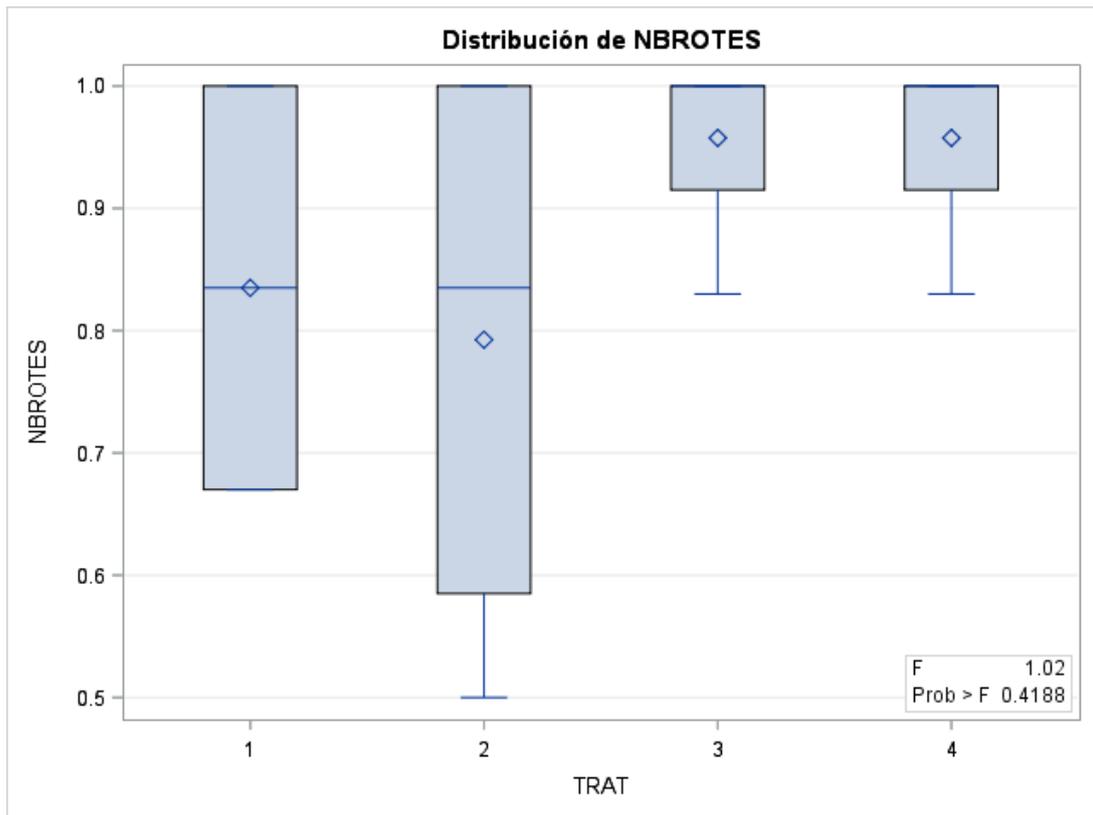
---



---

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	3	0.08626875	0.02875625	1.02	0.4188

---



Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NBROTES

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	0.028244
Valor crítico del rango estudentizado	4.19851
Diferencia significativa mínima	0.3528

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.			
Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	0.9575	4	3
A			
A	0.9575	4	4
A			
A	0.8350	4	1
A			
A	0.7925	4	2

Anexo 10. Datos obtenidos en la evaluación de resultados para la variable longitud de brotes el software SAS 9.4.

---

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

---

Procedimiento ANOVA

---

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRAT	4	1 2 3 4

---

Número de observaciones leídas 16

---

Número de observaciones usadas 16

---

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	393.6216500	131.2072167	42.22	<.0001
Error	12	37.2900500	3.1075042		
Total corregido	15	430.9117000			

---

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	LBROTOS Media
0.913462	17.16885	1.762811	10.26750

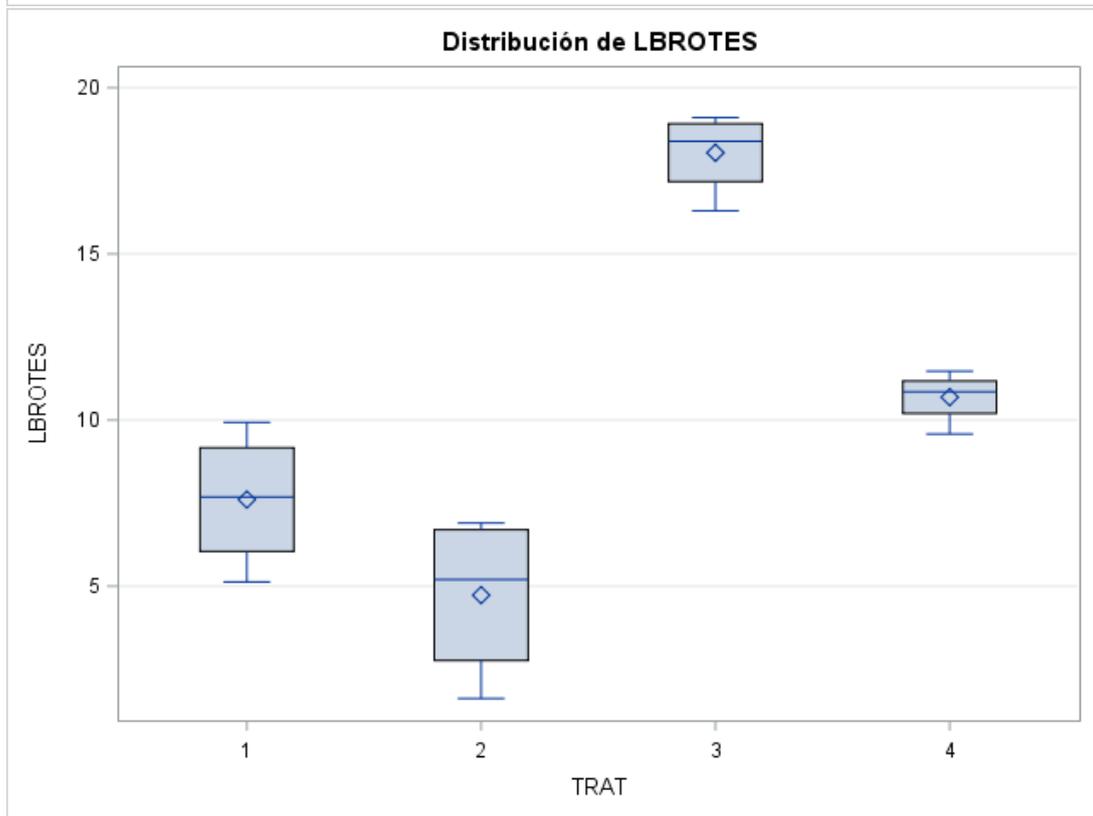
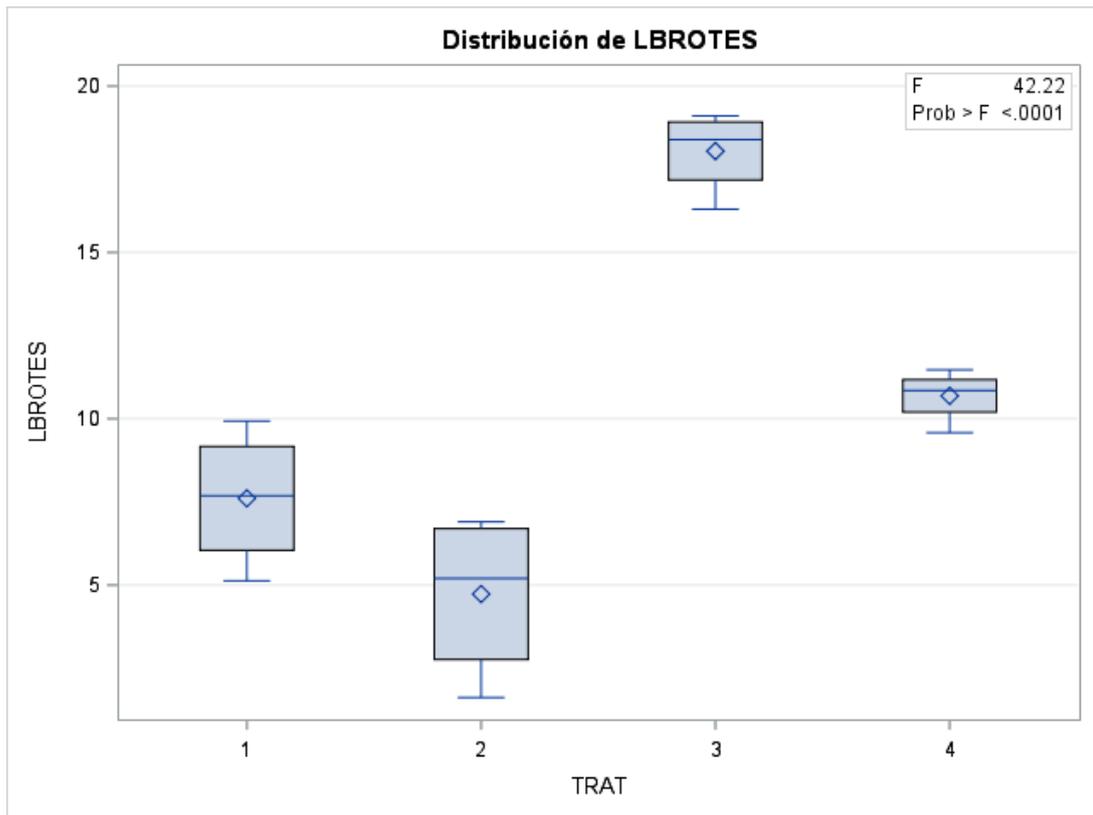
---



---

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	3	393.6216500	131.2072167	42.22	<.0001

---



Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para LBROTÉS

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	3.107504
Valor crítico del rango estudentizado	4.19851
Diferencia significativa mínima	3.7006

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	18.045	4	3
B	10.688	4	4
B			
C B	7.608	4	1
C			
C	4.730	4	2

## Anexo 11. Panel fotográfico



Foto 1. Equipo de colección



Foto 2. Material de colección



Foto 3. Plantas madres



Foto 4. Especies en floración



Foto 5. Bandeja de propagación



Foto 6. Sustratos utilizados



Foto 7. Material vegetativo



Foto 8. Esquejes sembrados



Foto 9. Esquejes enraizados



Foto 10. Brotes



Foto 10. Estructura leñosa



Foto 10. Muestras de sustratos