



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

**Evaluación de enraizadores sintéticos en la
propagación vegetativa de bambú
(*Dendrocalamus asper Schultes f.*),
Ticuantepe, Managua, 2024**

Autores

**Br. Génesis Dayana Sevilla
Br. Pablo Antonio Velásquez Mercado**

Asesores

**MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada
Dr. Víctor Manuel Aguilar Bustamante**

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2024**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Jorge Antonio Gómez
Martínez

Presidente

Ing. Harlem Tania Ríos Peralta

Secretario

Ing. Luis Enrique Ruíz Obando

Vocal

Lugar y fecha: Managua, 10 de diciembre 2024

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado principalmente a **Dios**, por guiarme en cada paso de este viaje quien siempre me dio la fuerza y sabiduría, para continuar y mostrarme que su tiempo es perfecto, por fortalecer mi mente y permitirme poder lograrlo.

Con amor y admiración a mi madre **María Cristina Sevilla Gutiérrez** y **mi mamita María Luisa Gutiérrez Gatica** a quienes quiero agradecerles desde lo más profundo de mi corazón por brindarme su amor y creer en mí. A ustedes dedico con amor cada éxito.

Con mucho cariño a mi tía **Reyna Isabel Sevilla Gutiérrez** a quien agradezco infinitamente por su apoyo incondicional en gran parte de mi recorrido académico su ayuda, consejos y presencia en cada paso de este camino, han sido fundamentales para poder lograrlo, gracias por confiar en mí y ser fuente de inspiración en mi vida. Este logro también es suyo.

A toda mi familia, amigos y compañeros que estuvieron presentes a lo largo de este viaje académico.

Br. Génesis Dayana Sevilla

DEDICATORIA

Dedico este gran logro a mi padre celestial (**Dios**) porque él me brindo salud, vida, sabiduría fortaleza, por guiarme y protegerme en todos estos años, para lograr culminar este sueño tan anhelado.

A mi madre **Auxiliadora Calero Mercado**, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, inspirándome a seguir adelante y enseñarme lo fuerte que se debe de ser si quieres lograr los sueños.

A dos personas muy especiales en mi vida, **Jorge Iván Detrinidad Barbosa** y **Ana Argentina Hernández Ordóñez** mi más grande admiración, quienes han estado siempre cerca de mí desde hace trece años brindándome los valores que me definen como persona y quien a pesar de las dificultades en conjunto con mi madre me permitieron salir adelante con mis estudios.

A mis hermanos, que de una u otra forma me ayudaron a seguir adelante para culminar mi carrera universitaria.

A mi compañera de tesis **Génesis Dayana Sevilla** por compartir conmigo los momentos difíciles de la realización del trabajo de investigación.

A mis amigos de grupo quienes estuvieron en mis momentos más divertidos y a veces difíciles de la universidad se mantuvieron juntos y muy firme en su amistad, mi gran hermana y divertida **Helen Lucía Lara Zúniga** quien me apoyo moral y sentimentalmente a seguir adelante, junto a ella mi gran amigo **Donald Ariel flores Urbina**.

Br. Pablo Antonio Velásquez Mercado

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por guiarme en cada paso de este viaje quien siempre me dio la fuerza y sabiduría, para continuar.

A nuestros asesores **Dr. Víctor Manuel Aguilar Bustamante** y **MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada**, Por brindarnos su ayuda profesional, disponibilidad y paciencia para orientarnos en la elaboración de esta investigación.

A nuestra alma mater, **Universidad Nacional Agraria** por contribuir en nuestra formación como futuros profesionales.

Al Ing. **Jorge Iván Detrinidad Barbosa** y la Ing. **Ana Argentina Hernández Ordóñez** por habernos brindado el espacio, la oportunidad para establecer el ensayo experimental y su ayuda incondicional en todo el transcurso del trabajo de investigación.

A mis amigos **Pablo Antonio Velásquez Mercado** y **Helen Lucía Lara Zúniga**, quienes durante la carrera me brindaron su apoyo y cariño en diferentes situaciones, por los conocimientos, experiencias y aventuras compartidas.

A mi prima **Tatiana Julissa Sevilla** por su apoyo, comprensión y consejos para superar los momentos difíciles y ayudarme a mantenerme enfocada en mis objetivos, por ser fuente de fortaleza y motivación durante la realización de esta investigación.

Al Ing. **Néstor Cajina Acevedo** por su apoyo brindado durante la etapa de campo de la presente investigación.

A todos los docentes que de una u otra manera ayudaron en nuestra formación como futuros profesionales a lo largo de toda la carrera.

Br. Génesis Dayana Sevilla

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a **Dios**, nuestro creador por haberme permitido concluir satisfactoriamente mis estudios profesionales.

A mi madre **Auxiliadora Calero Mercado** por ayudarme incondicionalmente, por darme los mejores consejos, por su apoyo moral y espiritual que logró hacer de mí un hombre de bien que, con muchas dificultades, pero con todo el amor del mundo logró lo que ella quería.

Al Ing. **Jorge Iván Detrinidad Barbosa** y la Ing. **Ana Argentina Hernández Ordóñez** por brindarnos el espacio para establecer el ensayo experimental y ofrecernos todo lo necesario para todo el trascurso del trabajo de investigación.

A **Génesis Dayana Sevilla** por haber aceptado realizar este trabajo conmigo y llevar a cabo todo el proceso de la tesis. A **Helen Lucía Lara Zúniga** por habernos acompañado en la culminación de este estudio.

A nuestros asesores **Dr. Víctor Manuel Aguilar Bustamante** y **MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada**, quienes nos brindaron acompañamiento de principio a fin y nos extendieron la enseñanza teórica y práctica necesaria para la construcción de este estudio.

A la **Universidad Nacional Agraria** por darnos la oportunidad de formarnos a lo largo de nuestra carrera.

A todos los docentes por acompañarme a lo largo de esta travesía y todas las personas que de una u otra forma contribuyeron para la realización de este trabajo.

Br. Pablo Antonio Velásquez Mercado

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 El cultivo de bambú (<i>Dendrocalamus asper</i>)	4
3.2 Origen del bambú	4
3.3 Taxonomía del bambú	5
3.4 Morfología del bambú	5
3.4.1 Raíces y rizoma	5
3.4.2 Yemas	6
3.4.3 Ramas	6
3.4.4 Tallos	6
3.4.5 Hojas	7
3.5 Descripción de la planta de bambú	7
3.6 Métodos de reproducción y propagación	7
3.6.1 Propagación sexual	7
3.6.2 Propagación asexual	7
3.6.3 Propagación por ramas apicales (yemas)	8
3.6.4 Propagación por secciones de tallo	8
3.6.5 Propagación por segmentos de tallos	8
3.7 Importancia socioeconómica y ambiental	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	10

4.1 Ubicación del estudio	10
4.2 Diseño metodológico	10
4.2.1 Descripción de los tratamientos en estudio	11
4.2.2 Manejo del experimento y metodología	13
4.2.3 Preparación del sustrato	13
4.2.4 Llenado y arreglo de las bolsas	13
4.2.5 Selección de los esquejes de bambú	14
4.2.6 Sumersión de los esquejes en Proroot y Eco Raíz.	14
4.2.7 Establecimiento del experimento	15
4.2.8 Preparación del área del experimento	15
4.2.9 Siembra del experimento	15
4.3 Manejo agronómico	16
4.3.1 Riego	16
4.3.2 Control de plagas	16
4.3.3 Control de enfermedades	17
4.3.4 Control de malas hierbas	17
4.3.5 Fertilización	17
4.4 Variables evaluadas	18
4.4.1 Número de brotes	18
4.4.2 Longitud de brote (cm)	18
4.4.3 Longitud de raíz (cm)	18
4.4.4 Peso fresco de raíces (kg)	18
4.4.5 Porcentaje de Supervivencia (%)	18
4.5 Análisis de datos	19
4.6 Análisis económico del estudio	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1 Evaluación de los diferentes enraizadores en las variables de crecimiento	20
5.1.1 Número de brotes	20
5.1.2 Longitud de brotes (cm)	22
5.2 Comportamiento del bambú en sistema radicular y peso fresco de raíz bajo tratamientos	23
5.2.1. Longitud de raíz (cm)	23
5.2.2 Peso fresco de raíces (kg)	24

5.3 Comportamiento de la supervivencia de los esquejes de bambú a los 127 dds.	25
5.3.1 Supervivencia (%)	25
5.4 Resultado de análisis económico del estudio	26
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. LITERATURA CITADA	30
IX. ANEXOS	33

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Clasificación taxonómica del bambú	5
2. Requerimientos edafoclimáticos del bambú	5
3. Descripción de los tratamientos en estudio en el cultivo de bambú	12
4. Dosificación de enraizadores aplicados en el experimento	17
5. Dosificación de enraizadores aplicados por planta	17
6. Parámetros para realizar el análisis económico	19
7. Resultados del presupuesto parcial en los tratamientos evaluados en la propagación vegetativa del bambú	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del Vivero Santa Rosa, Ticuantepe Managua.	10
2. Distribución de las unidades experimentales y los bloques.	11
3. Preparación del sustrato para la siembra de bambú.	13
4. Selección de los esquejes de bambú, finca Santa Isabel, Las Perlas Ticuantepe.	14
5. Llenado y arreglo de las bolsas de polietileno.	14
6. Sumersión de los esquejes de bambú en las cubetas.	15
7. Siembra de esquejes en las bolsas de polietileno.	16
8. Comportamiento de los enraizadores sobre el número de brotes hasta los 120 dds.	20
9. Efecto de los enraizadores sobre el número de brotes a los 15, 62 y 127 dds.	21
10. Comportamiento de los enraizadores sobre la longitud de brotes hasta los 120 dds.	22
11. Efecto de los enraizadores sobre la longitud de brotes a los 15, 62 y 127 dds.	23
12. Efecto de los enraizadores sobre la longitud de raíz a los 127 dds.	24
13. Efecto de los enraizadores sobre el peso fresco de raíz a los 127 dds.	24
14. Efecto de los enraizadores sobre la supervivencia del bambú a los 127 dds.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Separación de medias del ANDEVA en la variable número de brotes en diferentes momentos de evaluación en el cultivo de bambú	33
2. Separación de medias del ANDEVA en la variable longitud de brotes en diferentes momentos de evaluación	33
3. Separación de medias del ANDEVA en la variable longitud de raíz a los 127 dds	34
4. Separación de medias del ANDEVA en la variable peso fresco de raíz a los 127 dds	34
5. Separación de medias del ANDEVA en la variable supervivencia (%) a los 127 dds	34
6. Siembra de esquejes de bambú en bolsas	35
7. Fertilización del cultivo de bambú	35
8. Recolección de datos en el experimento	35
9. Desarrollo de brotes de bambú en diferentes tratamientos	36
10. Desarrollo radical de las plantas de bambú a los 127 dds	36
11. Peso de raíz de las plantas de bambú a los 127 dds	36

RESUMEN

La investigación se realizó en el vivero Santa Rosa municipio de Ticuantepe, departamento de Managua, durante el período de abril a agosto del 2024, ubicado en las coordenadas geográficas 12°01'19'' de latitud Norte y 86°12'21'' de longitud Oeste, situado a una altitud de 302 msnm. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de dos enraizadores sintéticos y un testigo, sobre la propagación vegetativa del cultivo de bambú especie (*Dendrocalamus asper*). El experimento se estableció con un arreglo unifactorial en bloques completos al azar (BCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones, el área efectiva de todo el experimento fue de 8 m², y conformado por 12 parcelas de 0.16 m² cada una. Los tratamientos fueron Proroot, Eco Raíz y Testigo. Durante la etapa de crecimiento se evaluaron las variables número de brotes, longitud de brotes (cm), longitud de raíz (cm), peso fresco de raíz (g) y supervivencia (%). Los datos obtenidos de campo y ordenados en Excel versión 19 se trasladaron al programa MINITAB versión 13 y se analizaron a través de GLM con Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias por TUKEY con P = 0.95 % de confiabilidad. Las variables, número de brotes, longitud de brotes, longitud de raíz, peso de raíz y supervivencia, demostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, a través de las medias obtenidas se identifica que el enraizador Proroot presentó los valores más altos en las variables evaluadas con 1.88 para el número de brotes, 14.5 cm, para la longitud de raíz y 97 % de supervivencia. Y el análisis económico demostró que el tratamiento con mejor rentabilidad fue el enraizador Proroot que por cada córdoba que el productor invirtió tendrá una ganancia de C\$ 5.29 córdobas.

Palabras clave: Bambú, sistema radical, supervivencia, propagación, enraizador, Proroot, Eco Raíz.

ABSTRACT

The research was carried out at the Santa Rosa nursery in the municipality of Ticuantepe, department of Managua, during the period from April to August 2024, located at the geographical coordinates 12°01'19" North latitude and 86°12'21" West longitude, at an altitude of 302 meters above sea level. The objective of the experiment was to evaluate the effect of two synthetic rooting agents and a control on the vegetative propagation of the bamboo crop species (*Dendrocalamus asper*). The experiment was established with a single-factorial arrangement in randomized complete blocks (BCA), with three treatments and four replications, the effective area of the entire experiment was 8 m², and consisted of 12 plots of 0.16m² each. The treatments were Proroot, Eco Root and Control. During the growth stage, the variables number of shoots, shoot length (cm), root length (cm), root fresh weight (g) and survival (%) were evaluated. Data obtained from the field and sorted in Excel version 19 were transferred to MINITAB version 13 and analyzed by GLM with Analysis of Variance (ANDEVA) and separation of means by TUKEY with P = 0.95 % reliability. The variables, number of shoots, shoot length, root length, root weight and survival, showed that there are no statistically significant differences, however, through the obtained means it is identified that the Proroot roter presented the highest values in the evaluated variables with 1. 88 for the number of shoots, 14.5 cm for root length and 97 % survival, and the economic analysis showed that the treatment with the best profitability was the Proroot roter, which for each córdoba invested by the producer will have a profit of C\$ 5.29 córdobas.

Key words: Bamboo, root system, survival, propagation, rooting, Proroot, Eco Root.

I. INTRODUCCIÓN

El bambú (*Dendrocalamus asper*) es una planta utilizada a nivel mundial para distintos beneficios como es el alimento, forraje, medicina, materia prima para industrias (pulpa, papel, tela, vino), muebles y construcción. Debido a sus usos versátiles, el bambú se considera el segundo producto forestal no maderable más importante y es una buena alternativa para reducir la deforestación y producir bienes de alto valor agregado (Mohamed *et al.*, 2009).

El bambú es un buen captador de carbono que puede crecer con una mínima cantidad de agua y contribuye a la conservación del suelo y el agua, siendo una planta de rápido crecimiento, el bambú es una alternativa importante a la madera para garantizar un suministro adecuado y confiable de materia prima con gran potencial en el futuro (Wahab *et al.*, 2012).

En América se tienen identificadas 345 especies de bambú, distribuidas desde el sur de Estados Unidos de América hasta el sur de Chile, existen bambú exóticos (géneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Melocanna*, *Phyllostachys*, *Schizostachyum*) traídos de Asia. Según Mohamed *et al.* (2009), se han identificado como comercialmente importantes 14 especies, entre ellas el *Dendrocalamus asper* considerado una especie de bambú gigante alcanzando una altura de 20 a 30 m, con entrenudos de 8 a 20 cm y 20 a 45 cm de grosor, con paredes relativamente gruesas.

Las especies de bambú se propagan principalmente mediante esquejes de rizoma y en algunos casos, acodos aéreos. La propagación mediante rizomas o esquejes es una práctica antigua, pero el método no es adecuado para plantaciones a gran escala debido al suministro limitado de rizomas junto con el volumen y las dificultades de extracción y transporte (Pattanaik *et al.*, 2004). Las plántulas también crecen lentamente en las plantaciones (Hassan, 1980).

Los esquejes de ramas pre enraizadas sólo se pueden hacer durante la temporada de lluvias y sólo unas pocas ramas desarrollan raíces en sus bases mientras están adheridas a los culmos madre. La técnica de corte de ramas del bambú puede superar la mayoría de estos obstáculos ya que es económica y produce una gran cantidad de materiales de plantación

presentando un alto potencial de supervivencia en un corto período de tiempo y reduciendo costos de mano de obra y transporte (Hossain & Arefin, 2012).

En Nicaragua existen alrededor de 18 especies distribuidas en las distintas regiones del país, la especie más común es el bambú amarillo localizado con mayor frecuencia en el departamento de Masaya, donde los artesanos lo utilizan como materia prima para la elaboración de muebles, vivienda y artesanías (INTA, 2017).

Desde el año 2014 el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) impulsó la producción e industrialización del bambú como una de las principales prioridades del país para promover entre las familias nicaragüenses la multiplicación de este cultivo y garantizar materia prima a los artesanos que utilizan la madera para la construcción de diferentes muebles, estos son muy apreciados por su vistosidad y durabilidad.

Los artesanos prefieren utilizar el bambú verde (*Dendrocalamus asper*) ya que posee características que son más preferidas por los usuarios, por lo cual exigen mayor demanda, pero se encuentran en menor proporción por la complejidad de su propagación. Según investigadores del INTA, la propagación vegetativa del bambú verde mediante esquejes no ha logrado llegar a un 80 % de sobrevivencia en viveros.

Con base en estas consideraciones el presente estudio se enfocó en la evaluación del efecto de dos enraizadores sintéticos y un testigo en la propagación vegetativa del cultivo de bambú especie *Dendrocalamus asper*.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos enraizadores sintéticos en la propagación vegetativa del cultivo de bambú especie *Dendrocalamus asper*.

2.2 Objetivos específicos

- Presentar los resultados del uso de dos enraizadores sintéticos y un testigo en las variables número y longitud de brotes de los esquejes de bambú.
- Comparar la influencia de dos tipos de enraizadores sintéticos y un testigo en las variables longitud y biomasa fresca del sistema radicular del bambú.
- Identificar la supervivencia de los esquejes de bambú en vivero mediante la influencia de dos tipos de enraizadores sintéticos y un testigo.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 El cultivo de bambú (*Dendrocalamus asper*)

El bambú común es una planta de la familia poaceae más cultivada en el mundo, es uno de los cultivos principales para la población de bajos ingresos de muchos países de Asia y América. El bambú es un recurso natural de mucha importancia considerado como un producto forestal no maderable que genera trabajo y seguridad a gran parte de la población. Ofrece una solución para algunos productos de madera, tiene la capacidad de disminuir la explotación insostenible y la deforestación al mitigar la presión ejercida sobre los bosques. Las especies de bambú son muy importantes en el ámbito mundial por la diversidad de sus productos. Dentro de éstas, el género *Dendrocalamus asper* es el que obtiene numerosos usos, en la construcción, la industria farmacéutica, en la elaboración de muebles, industria del papel y artesanías (Catasús, 2003).

3.2 Origen del bambú

Delgado et al. (2006), afirman que la historia más conocida del bambú se remonta al inicio de la civilización en Asia, según estudios que se han realizado indican que en 345 especies de bambú la mayoría se encuentran distribuidas mayormente en los continentes americano y asiático. La mayoría de las especies de bambú existentes en América permanecen sin ser clasificadas, las especies que más se conocen por su valor económico y múltiples aplicaciones son las gigantes del género *Dendrocalamus*.

(Galloway, 1928). Señala que: El Cultivo de Bambú desde la colonización, la distribución natural del bambú en América ha sido alterada por el hombre, donde grandes extensiones de bambú han sido destruidas. África y Australia son los continentes que tienen menor número de especies de bambú. Aunque el bambú se asocia generalmente con las culturas orientales, también existen muchas especies en África y América. En América se estiman unos 21 géneros y 345 especies, que se localizan desde el sur de Estados Unidos, en México, a lo largo y ancho de Centro y Sudamérica, con más de 150 especies (p. 2).

3.3 Taxonomía del bambú

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del bambú

Taxonomía del bambú	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Banbusoideae
Género	<i>Dendrocalamus</i>
Especie	<i>Dendrocalamus asper</i>

Fuente: Soderstrom *et al.*, (1979)

Cuadro 2. Requerimientos edafoclimáticos del bambú

Requerimiento	Descripción
Temperatura (°C)	9–36
Altitud (msnm)	650 – 3300
Precipitación (mm)	1200 – 2 500
Suelo (textura)	Areno limosos–franco arenosos
pH	5.8

Fuente: INTECAP *et al.* (1990)

3.4 Morfología del bambú

3.4.1 Raíces y rizoma

“El bambú se caracteriza por poseer raíces delgadas y solitarias, que se desarrollan sobre los rizomas que pueden ser monopodiales (Ejemplos: *Phyllostachys aureus* y *Chusquea coleu*) o simpodiales (Ejemplos: *Guadua angustifolia* y *Dendrocalamus asper*). El rizoma tiene trascendencia, no solo como órgano, en el cual se almacenan los nutrientes que luego se distribuye a las diversas partes de la planta, sino como un mecanismo para propagación del bambú, la cual se efectúa asexualmente por ramificación de los rizomas” (McClure, 1936, p. 347).

“Esta ramificación se presenta en dos formas diferentes con hábitos de crecimiento también diferentes lo que permite clasificarlos en dos grandes grupos principales y un intermedio, cada uno de los cuales comprenden géneros y especies distintas. Los bambúes del tipo paquimorfo se distinguen porque sus tallos aéreos se desarrollan en el espacio en forma aglutinada o cespitosa, formando manchas; en cambio en los del tipo leptomorfo, los tallos se presentan en forma aislada o difusa. El bambú del tipo anfipodial, o intermedio, que son pocos, los rizomas presentan una ramificación combinada de los dos grupos principales” (McClure, 1936, p. 347)

3.4.2 Yemas

Está protegida por un profilo, puede ser activa e inactiva, de carácter vegetativa o reproductiva, en el culmo las yemas se localizan por encima de cada línea nodal y en posición dística, rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical, en algunos bambú las yemas basales permanecen dormidas indefinidamente, mientras que en otras las yemas de 1/3 medio no se desarrollan, a veces hay ausencia total de yemas, todos las especies de bambú americanos con excepción del género *Chusquea* tienen una yema por nudo (ICTA, 1990, p. 9).

3.4.3 Ramas

Las ramas se originan en la línea nodal, por encima de ésta o sobre un promontorio, su número y organización varían mucho, existen desde una hasta 100 por nudo, en forma de abanico. En algunas especies las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas, como sucede en la mayoría de las especies del género *Guadua* (ICTA, 1990, p. 9).

3.4.4 Tallos

El tallo del bambú es propiamente dicho el culmo, al que también se llama caña o vara. Normalmente presenta una forma cilíndrica; los entrenudos pueden ser huecos o macizos y los nudos pueden ser prominentes. El bambú, a diferencia de otras plantas, no tiene crecimiento diametral, disminuyendo proporcionalmente con la altura. Las cañas alcanzan su máxima resistencia entre los tres y los seis años, edad apropiada para su empleo en construcción. Luego de los seis años, empieza a perder vitalidad y a dañarse. Una vez que el bambú brota del suelo, lo hace con el diámetro máximo que tendrá de por vida, que no aumenta de grosor, sino que disminuye con la altura. En general los bambú nativos y exóticos tienen tallos huecos de 1 a 20 cm de diámetro y 5 a 30 m de altura (Mercedes, 2006, p. 17).

3.4.5 Hojas

Las hojas son muy variables en tamaño y forma. En la primera etapa del crecimiento; pueden ser ovales, lanceoladas y oblongo–lanceoladas; son lisas o casi lisas en la superficie superior. Las hojas del bambú también varían de las del resto de las gramíneas (Mercedes, 2006, p. 17).

3.5 Descripción de la planta de bambú

“En esta especie los tallos son grandes y leñosos entre 20 a 39 metros de altura y 20 a 30 centímetros de diámetro, y tiene paredes relativamente gruesas (11–20 mm) que se convierten en más delgada hacia la parte superior del tallo. Los tallos inferiores muestran las raíces aéreas (raicillas) de los nudos. Entrenudos escombreras son de 30 a 45 centímetros, su rizoma es de tipo paquimorfo, de color verde pálido y cubierto de pelos cortos de color marrón” (Londoño, 1990, p. 59).

3.6 Métodos de reproducción y propagación

“Los métodos de propagación o reproducción del bambú puede ser sexual o asexual, mediante el uso de semillas, vástagos, siembra de rizomas, en algunos casos por acodos y masivamente por corte de secciones de tallos. Cuando se planta con un criterio comercial o de protección se busca un rápido crecimiento, el cual solo es posible en forma vegetativa. Una planta originada de estacas a los dos o tres años ya tiene su altura total, en tanto que una planta de semillas puede requerir de cuatro hasta ocho años para lograr su mayor altura” (Mercedes, 2006, p. 20).

3.6.1 Propagación sexual

PERUBAMBU (2004) menciona que: Por semilla botánica, las plantas de bambú producen frutos similares a los del arroz, que pudieran ser utilizados como semillas para su propagación. Sin embargo, la formación de semillas en *Guadua angustifolia* es escasa e irregular, por lo tanto, este no es un método regularmente utilizado (p. 3).

3.6.2 Propagación asexual

El bambú, al igual que otras especies vegetales, puede ser propagado a partir de diversas partes de la planta. Los más utilizados son las secciones de tallos, rizomas, riendas laterales, esquejes de tallos tiernos y multiplicación de plántulas (denominadas erróneamente “chusquines”). También es posible la propagación asexual in vitro, por cultivo de tejidos en condiciones de laboratorio (PERUBAMBU, 2004, p. 2).

Los métodos de propagación vegetativa de bambú paquimorfo como de los leptomorfo son similares en algunos aspectos, sin embargo, la experiencia muestra que algunos de ellos dan mejores resultados para un grupo que para el otro. Además, para un mismo grupo, cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y en ciertas circunstancias pueden estar sujetos a limitaciones para la propagación de un determinado bambú (Widmer, 1990, p. 142).

3.6.3 Propagación por ramas apicales (yemas)

La propagación por ramas consiste en separar las ramas apicales del tallo, una vez separadas se procede a limpiarlas sin lastimar la yema, se realiza la respectiva desinfección y se procede a plantar en bolsas de polietileno (Mancias, 1986).

Se seleccionan las ramas o riendas de la parte central, inferior o basal del tallo, se cortan segmentos de 5 a 20 cm de longitud que posean yemas activas, colocándolos en bolsas plásticas con sustrato o en bancos de propagación a 45° de inclinación. Se debe suministrar riego constante para obtener un prendimiento adecuado (PERUBAMBU, 2004, p. 3).

3.6.4 Propagación por secciones de tallo

Se utilizan segmentos con dos o más nudos, de tallos jóvenes de aproximadamente 8 a 10 cm de diámetro, enterrándolos en forma horizontal o vertical. Donde no existe suficiente humedad se recomienda realizar perforaciones en los entrenudos, los mismos que se llenan de agua y se cubren con suelo. Se obtiene entre un 50 y 60 % de sobrevivencia (PERUBAMBU, 2004, p. 4).

3.6.5 Propagación por segmentos de tallos

La propagación por segmento de tallo consiste en cortar partes del tallo aproximadamente de un metro de longitud, de tres a cuatro años de edad y que posean dos o más nudos con yemas o ramas, las cuales se cortan a 30 cm de longitud; al plantarlos se debe tapar por lo menos un nudo, este método requiere gran cantidad de material y por lo mismo, no permite la propagación masiva” (Giraldo *et al.*, 2007).

3.7 Importancia socioeconómica y ambiental

El bambú es conocido como una especie que satisface las necesidades más indispensables de la población rural para hacer explotaciones de manera sostenible que contribuyan a mejorar la calidad de vida ayudando a reducir la pobreza en el país y en las regiones donde se establece el cultivo. El impacto social más notorio que genera viene a darse en mayor facilidad en la obtención de madera la cual es más accesible y aún bajo costo (Fernández, 2004, p. 2).

Según Giraldo y Sabogal (1999), Valdez y Shiun (2010), indican que el bambú, por sus características de resistencia físico-mecánico, rápido crecimiento y excelente rendimiento, puede diversificar muchas utilidades agrícolas y socioeconómicas, pero principalmente desempeña funciones para la conservación de los recursos naturales renovables Suelo y Agua.

El bambú es una especie protectora del ambiente y juega un papel determinante por la cobertura que brinda al hábitat donde crece. La detención del sustrato, mediante sus raíces y rizomas, evita la erosión hídrica y elimina las cárcavas. Además, ayudan a fijar el dióxido de carbono atmosférico (CO₂), de una manera mucho más eficiente que los árboles del bosque tropical. Por otra parte, posee gran importancia en la conservación de los recursos hídricos en países de América Latina (Sánchez-Medrano *et al.*, 2016).

El bambú es considerado como una de las principales plantas en la lucha contra el cambio climático (Kumar, Rajesh y Sudheesh, 2005). EL bambú, logra producir cuatro veces más oxígeno que otros árboles (Franquis e Infante, 2003). En cuanto a los beneficios ambientales, el bambú conserva el agua, captura CO₂ y produce oxígeno. Este puede ser aprovechado en la protección de cuencas y microcuencas (Espinal *et al.*, 2005).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El experimento se realizó en el vivero Santa Rosa municipio de Ticuantepe, departamento de Managua, durante el período de abril a agosto 2024. El vivero se encuentra localizado en la siguiente dirección, del Correo de Nicaragua, 1 cuadra al Norte, 1 al Este se ubica en las coordenadas geográficas 12°01'19'' Latitud Norte y 86°12'21' Longitud Oeste, situado a una altitud de 302 msnm, (Google Earth, 2024).

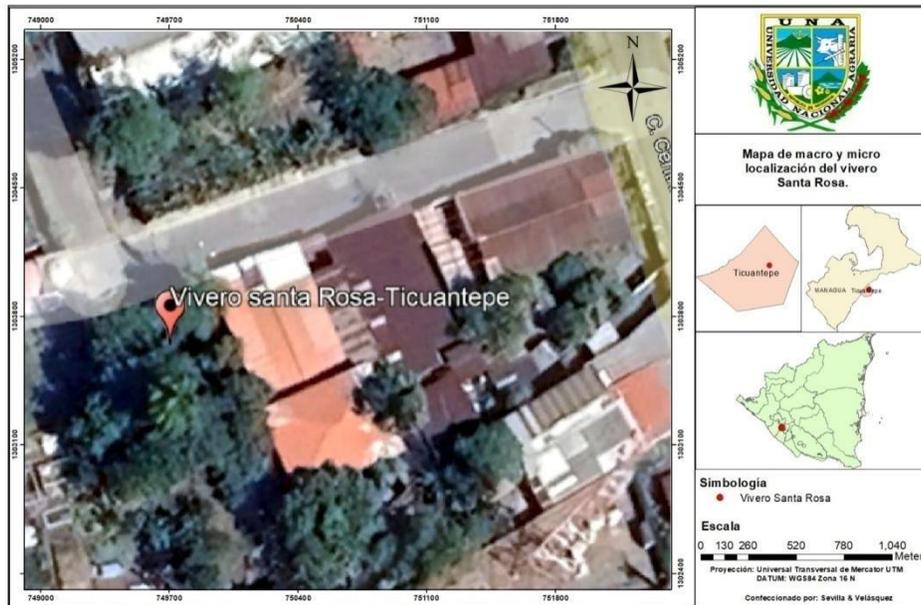


Figura 1. Ubicación del Vivero Santa Rosa, Ticuantepe Managua.

4.2 Diseño metodológico

El experimento se estableció en un diseño experimental unifactorial de Bloques Completos al Azar (BCA), conto de tres tratamientos con cuatro repeticiones, para un total de 12 parcelas experimentales. Cada tratamiento dentro de un bloque o repetición se ubicó en una parcela experimental de 25 plantas, 4 bloques, cada bloque estuvo constituido por 75 plantas, 100 plantas por cada tratamiento para un total de 300 plantas para todo el experimento. El área efectiva de todo el experimento fue de 8 m² (4m × 2). El área útil de cada parcela estuvo constituida por nueve plantas para un total de 108 plantas (40 cm × 40 cm = 0.16 m²).

El modelo estadístico se representa de la siguiente manera (BCA)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde, Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento. (T_1 , T_2 y T_3);

μ = Es la media poblacional a estimar apartir de los datos del experimento;

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (T_1 , T_2 y T_3);

β_j = Estimador del efecto debido al j -ésimo bloque (I, II, III y IV);

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación; $i = 1, 2, 3 \dots$ (t) Tratamiento $j = 1, 2, 3$ y $4 \dots$ (r) repeticiones.



Figura 2. Distribución de las unidades experimentales y los bloques.

4.2.1 Descripción de los tratamientos en estudio

Los tratamientos en el experimento estuvieron constituidos por dos enraizadores sintéticos y un testigo, donde se evaluó la propagación asexual por medio de esquejes del bambú verde especie *Dendrocalamus asper*.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos en estudio en el cultivo de bambú

Tratamientos	Descripción	Presentación de Productos
Proroot	<p>Regulador de crecimiento contiene:</p> <p>Nitrógeno 11.00 %</p> <p>Fósforo 55.00 %</p> <p>Ácido naftalenacético 288 ppm</p> <p>Ácido indolbutírico 200 ppm</p> <p>Ácidos fúlvicos 2.00 %</p> <p>Acondicionadores e inertes 31.70 %</p> <p>Granulado dispersable (WG)</p>	
Eco Raíz	<p>Activador de fitolexinas contiene:</p> <p>Nitrógeno 7.11 %, Fósforo 10.76 %, Potasio 11.65 %, Zinc 0.92 %, Manganeso 0.51 %, Cobre 0.60%, Boro 0.21 %, Hierro 0.35 %, Magnesio 0.38 % , Molibdeno 0.17 %, Materia orgánica 5.63 %</p> <p>Ingredientes inertes 61.71 %</p> <p>Solución líquida (SL)</p>	
Testigo	<p>Tierra colada y desinfectada</p> <p>Agua</p> <p>Bolsa negra de 6 × 8 cm</p>	

4.2.2 Manejo del experimento y metodología

El estudio se realizó en condiciones de campo (vivero) donde se llevaron a cabo las siguientes metodologías.

4.2.3 Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizó mezclando 50 % de tierra y 50 % de granza de arroz, para la desinfección se utilizó cal en una proporción de 2.27 Kg por cada 408.6 de suelo. Todos los elementos se mezclaron manualmente, utilizando palas y carretillas para asegurar una distribución homogénea.



Figura 3. Preparación del sustrato para la siembra de bambú.

4.2.4 Llenado y arreglo de las bolsas

Se utilizaron bolsas negras de polietileno con dimensiones 6×8 cm, el llenado se realizó manualmente dejándolas firmes para evitar que se volcaran al momento del riego, las bolsas fueron trasladada hacia el área del experimento manualmente haciendo uso de carretilla, las bolsas se arreglaron en un bloque por tratamiento dejando un espacio de 50 cm entre bloque para realizar las actividades de manejo agronómico.



Figura 4. Llenado y arreglo de las bolsas de polietileno.

4.2.5 Selección de los esquejes de bambú

La selección de los esquejes de bambú se realizó en la finca Santa Isabel, comunidad las Perlas, Ticuantepe. Se seleccionaron las ramas de la parte media de las plantas más jóvenes con edades de dos a tres años aptas para la siembra, se obtuvo la cantidad 350 esquejes de bambú de la especie *Dendrocalamus asper*, de aproximadamente 20 cm de longitud, con dos nudos por cada esqueje para esto se utilizó tijera, guantes, serrucho cola de zorro, cinta métrica y machete completamente esterilizado.



Figura 5. Selección de los esquejes de bambú, finca Santa Isabel, Las Perlas Ticuantepe.

4.2.6 Sumersión de los esquejes en Proroot y Eco Raíz.

Se prepararon los enraizadores y se aplicaron las dosis recomendadas para dos de los tratamientos, mientras que al tercer tratamiento únicamente se le aplicó agua. Para esto, se utilizaron recipientes de 20 L, en los que se sumergieron 100 esquejes por recipiente durante 20 minutos.



Figura 6. Sumersión de los esquejes de bambú en las cubetas.

4.2.7 Establecimiento del experimento

El área del establecimiento fue seccionada después de realizar una inspección para evaluar las condiciones de vivero, tomando en cuenta algunos criterios como: la disponibilidad de agua en el verano y si estaba seguro para evitar daños por animales o seres humanos según guía (INTA, 2002).

4.2.8 Preparación del área del experimento

La preparación inició con la limpieza del área retirando malezas existentes, nivelación del terreno, medición y diseño del área destinada para el experimento, cuyas dimensiones fueron 2 metros de ancho por 4 metros de largo presentado de forma rectangular. Se utilizó lienza y estacas para delimitar cada bloque, con una profundidad de 5 cm con el objetivo de acomodar mejor las bolsas. Posteriormente se construyó una enramada de 2.5 metros de altura para esto se utilizó varas de bambú y palmas de coco, esto con el fin de mantener la humedad del sustrato en las bolsas de polietileno una vez los esquejes estuvieran establecidos.

4.2.9 Siembra del experimento

La siembra del experimento tuvo lugar en abril de 2024, utilizando el método de siembra indirecta mediante esquejes de bambú. Se dejó un espaciamiento de 10 cm entre tratamientos y 50 cm entre bloques. Antes de iniciar la plantación, el sustrato fue previamente humedecido para garantizar una adecuada retención de humedad. Los esquejes seleccionados eran libres de

hongos, no presentaban daños causados por insectos y aproximadamente con un diámetro de 1 a 2 cm. Cada esqueje fue colocado a una profundidad aproximada de 5 cm, aunque se ajustó de acuerdo con su tamaño por lo que estos fueron colocados a una profundidad de 10 cm, ya que, según la teoría, los esquejes de mayor tamaño requieren una mayor profundidad de plantación.



Figura 7. Siembra de esquejes en las bolsas de polietileno.

4.3 Manejo agronómico

4.3.1 Riego

En el experimento, los esquejes se regaron cinco veces por semana para asegurar el nivel de humedad necesario para un buen desarrollo. Sin embargo, cuando llegó el invierno, la frecuencia de riego se redujo a tres veces por semana, adaptándonos a las condiciones climáticas de la temporada.

4.3.2 Control de plagas

En lo que corresponde a las plagas que afectan el cultivo de bambú se puede mencionar que para Nicaragua no se han hecho estudios específicos, se realizaron muestreos durante el ciclo del cultivo se logró identificar la presencia de cochinilla (*Dactylopius coccus*), se realizó aplicación de insecticida Muralla Delta a los 15 y 30 dds, a dosis de 1ml L-1 de agua, se logró controlar la propagación antes de los 45 dds.

4.3.3 Control de enfermedades

Los esquejes de bambú antes de la siembra fueron sumergidos en oxiclورو de cobre durante 20 minutos, posteriormente dos meses después de la siembra se realizaron aplicaciones cada 15 días de oxiclورو de cobre a dosis de 4gL¹ de agua como medida preventiva para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas y bacterianas.

4.3.4 Control de malas hierbas

El control de malas hierbas se realizó manualmente para evitar plantas hospederas de plagas.

4.3.5 Fertilización

La aplicación de los enraizadores se realizó en dosis determinada para dos de los tratamientos desde el momento de la siembra en vivero en aplicaciones semanales posteriormente cada cuatro semanas se aumentó la dosis en un 20 %, mientras que al tercer tratamiento únicamente se le aplicó agua.

Cuadro 4. Dosificación de enraizadores aplicados en el experimento

Meses	Dosis T ₁ (gL ⁻¹)	Dosis T ₂ (mL ⁻¹)	Dosis T ₃ (LAgua)
Aplicación (abril)	10	210	20
abril – mayo	5	105	10
mayo – junio	6	126	10
junio – julio	7	151	10
julio – agosto	8	181	10

Cuadro 5. Dosificación de enraizadores aplicados por planta

Meses	Dosis T ₁ (g)	Dosis T ₂ (ml)	Dosis T ₃ (mlAgua)
abril – mayo	0.05	1.05	100
mayo – junio	0.06	1.26	100
junio – julio	0.07	1.50	100
julio – agosto	0.08	1.81	100

4.4 Variables evaluadas

Para conocer el comportamiento se evaluaron las siguientes variables en nueve plantas de cada tratamiento.

4.4.1 Número de brotes

El registro de datos se inició a partir de los 15 dds, se contabilizaron brotes de al menos 1 cm de largo. Posteriormente los inicios de registro de esta variable se realizaron en conteos semanales.

4.4.2 Longitud de brote (cm)

Para esta variable, se utilizó una regla para medir la longitud de cada brote desde su base hasta la parte apical.

4.4.3 Longitud de raíz (cm)

Para medir la longitud de las raíces, se utilizó una cinta métrica de cinco metros. La medición se realizó desde la base hasta la punta de la raíz más larga de cada planta.

4.4.4 Peso fresco de raíces (kg)

Para registrar los datos de peso fresco, se agruparon las raíces de las plantas que se desarrollaron durante el estudio. Posteriormente, el peso total se dividió entre nueve para calcular el promedio del peso fresco por planta. Para esta medición se empleó una balanza digital.

4.4.5 Porcentaje de Supervivencia (%)

Esta variable se determinó al finalizar el período del experimento; es decir se realizó el conteo total de individuos (plantas vivas y muertas) en los tres tratamientos en estudio a los 127 dds, utilizando la siguiente fórmula.

$$Sr\% = \frac{(\text{N}^\circ \text{de esquejes muertos})}{(\text{N}^\circ \text{de esquejes establecidos})} * 100$$

4.5 Análisis de datos

Los datos obtenidos de campo y ordenados en Excel versión 19 se trasladaron al programa MINITAB versión 13 y fueron analizados a través de Análisis de Varianza (ANDEVA) univariado usando el modelo general lineal para experimentos balanceados, realizado al 95 % de confianza. En caso de haber significancia estadística ($P < 0.05$) se procederá a realizar la prueba de separación de medias según Tukey al $P = 0.95$ % de confiabilidad.

4.6 Análisis económico del estudio

Se realizó un análisis económico para conocer la factibilidad de los enraizadores, y determinar el éxito o el fracaso en condiciones rentables, según Santillán (2020) “el presupuesto parcial es un formato de planificación y toma de decisiones que se utiliza para comparar los costos y beneficios que se utilizan en las planificaciones agrícolas” (p. 3).

Cuadro 6. Parámetros para realizar el análisis económico

Indicador	Descripción
Costos adicionales al cambio	Aquello que ocurren adicionados al cambio de escenario
Ingresos reducidos al cambio	Son aquellos dejados de percibir por el cambio
Ingresos adicionales al cambio	Son el resultado de los ingresos generados por el cambio
Costos reducidos al cambio	No son percibidos del resultado del cambio
Beneficio neto	Se resto el beneficio y los costos totales que varían

Fuente: Santillán (2020)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de los diferentes enraizadores en las variables de crecimiento

En la etapa de evaluación del cultivo de bambú permitió observar los diferentes resultados de los tratamientos en estudio.

5.1.1 Número de brotes

La variable permite proyectar la producción de plantas debido a que cada brote representa la cantidad de material disponible. “También refleja la capacidad de brotación y la formación de nuevos órganos vegetativos de la planta (Jarquín y Lagos, 2010).

A lo largo del período de evaluación, se pudo apreciar cómo se comportó la variable número de brotes en función de los tres tratamientos aplicados. Desde los 15 dds hasta los 78 dds, los valores se mantuvieron bastante similares entre ellos. Sin embargo, a partir de los 85 dds, el tratamiento Proroot comenzó a destacarse notablemente. Así mismo se puede apreciar en la figura 9 que los tratamientos Eco Raíz y Testigo presentaron medias similares de 1.51 y 1.46 respectivamente. Proroot logró alcanzar una media de 1.88, evidenciando así su eficacia hasta el final del estudio (Figura 8).

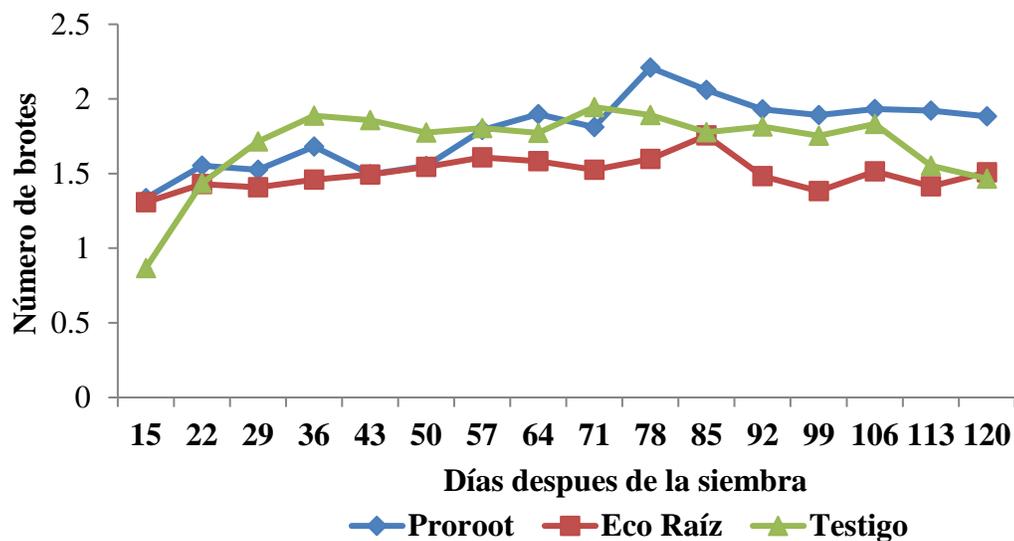


Figura 8. Comportamiento de los enraizadores sobre el número de brotes hasta los 120 dds.

El análisis de separación de medias según Tukey al 95 % de confiabilidad, mostró que los tratamientos evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas a los 62 y 127 dds. A los 62 dds se presentaron dos categorías, Proroot y Testigo presentaron el mayor número de brotes, ubicándose en la categoría (a) con medias de 2.21 y 1.89 respectivamente, seguido de Eco Raíz con 1.60 ubicado en la categoría (b). A los 127 dds Proroot presentó el mayor número de brotes con 1.88 ubicándose en la categoría (a). Eco Raíz y el Testigo ubicándose en las categorías (b) con 1.51 y 1.46 respectivamente (Figura 9).

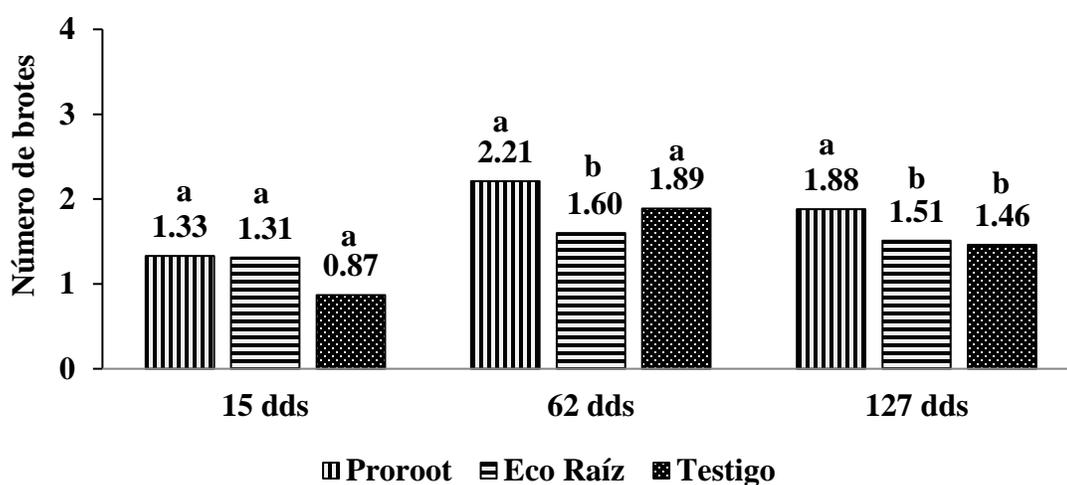


Figura 9. Efecto de los enraizadores sobre el número de brotes a los 15, 62 y 127 dds.

5.1.2 Longitud de brotes (cm)

El crecimiento de brotes se realiza por medio de las yemas vegetativas, cuando los brotes alcanzan su máxima longitud se lignifican dando lugar a nuevos brotes lo que permite la ramificación (Jarquín y Lagos, 2010).

A lo largo del período de evaluación, se pudo apreciar cómo se comportó la variable longitud de brotes en función de los tres tratamientos aplicados. Desde los 15 hasta los 78 dds, Proroot, Eco Raíz y testigo obtuvieron valores similares entre ellos. Sin embargo, una tendencia continua siguió a partir de los 85 dds, cuando el tratamiento Eco Raíz comenzó a destacar notablemente. Así mismo se puede apreciar en la figura 10 que los tratamientos Proroot y Testigo presentaron medias similares 6.4 cm, mientras que el Eco Raíz logró alcanzar una media de 7.2 cm, evidenciando así su eficacia hasta el final del estudio (Figura 10).

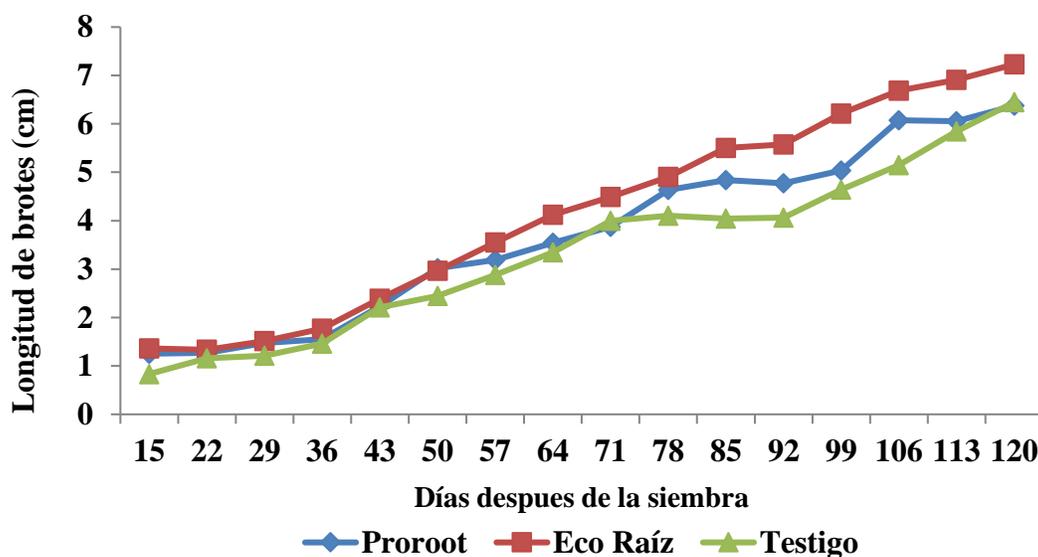


Figura 10. Comportamiento de los enraizadores sobre la longitud de brotes hasta los 120 dds.

El ANDEVA al 95 % de confiabilidad realizado a la variable longitud de brote; demostró que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos (Figura 11). Sin embargo, de acuerdo con la separación de Tukey. El Tratamiento Eco Raíz presentó medias de 1.36 cm a los 15 dds, 4.91 cm a los 62 dds y 7.2 cm a los 127 dds, seguido del tratamiento Proroot presentando medias de 1.36 cm a los 15 dds, 4.64 cm a los 62 dds y 6.4 cm a los 127

dds y el tratamiento Testigo mostró medias de 0.83 cm a los 15 dds, 4.10 cm a los 62 dds y 6.4 cm a los 127 dds.

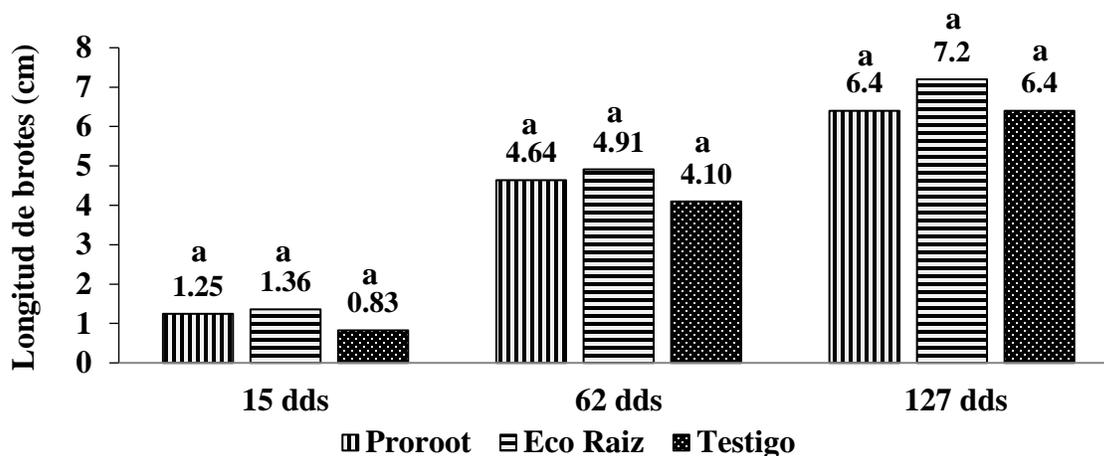


Figura 11. Efecto de los enraizadores sobre la longitud de brotes a los 15, 62 y 127 dds.

5.2 Comportamiento del bambú en sistema radicular y peso fresco de raíz bajo tratamientos

5.2.1. Longitud de raíz (cm)

El sistema radicular es la parte típicamente debajo de la tierra; compuesto por órganos llamados raíces. Las raíces son órganos multicelulares con las siguientes funciones importantes: anclaje de la planta, absorción de agua, minerales y el almacenamiento de alimentos (Cummings, 2008).

El ANDEVA al 95 % de confiabilidad realizado a la variable longitud de raíz; demostró que no exististe diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, de acuerdo con la separación de Tukey. El Tratamiento Proroot presentó medias de 14.5 cm dds, seguido del tratamiento Eco Raíz con 13.4 cm dds y el Tratamiento Testigo mostró medias de 12.3 cm a los 127 dds (Figura 12).

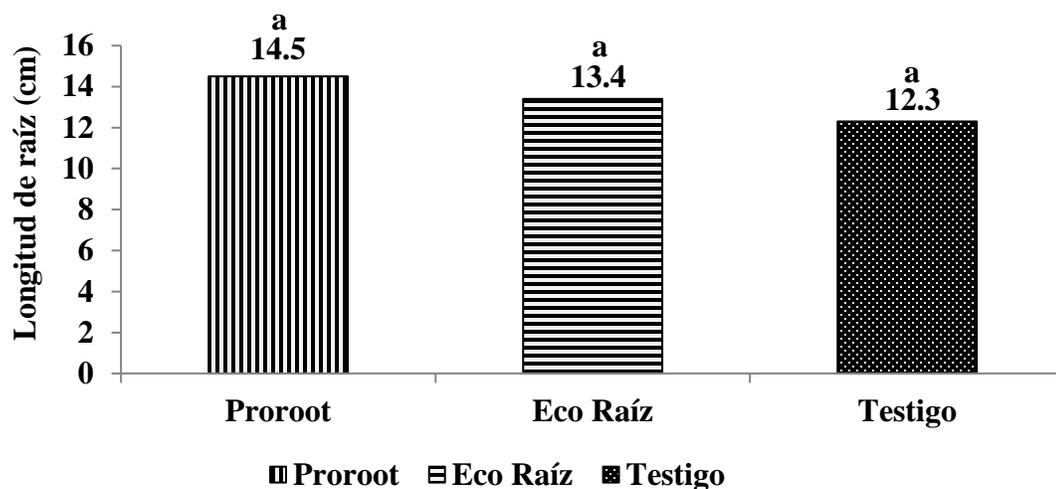


Figura 12. Efecto de los enraizadores sobre la longitud de raíz a los 127 dds.

5.2.2 Peso fresco de raíces (kg)

El rendimiento de las raíces por planta es normalmente entre 3 y 5 kg, pero existen algunos cultivares que aplicando una buena tecnología llega a producir hasta 10 kg (Montaldo, 1991).

El ANDEVA al 95 % de confiabilidad realizado a la variable peso fresco de raíces; demostró que no exististe diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, de acuerdo con la separación de Tukey. El Tratamiento Eco Raíz presentó medias de 3.75 a los 127 dds, seguido del tratamiento Proroot con 3.75 g a los 127 dds y el tratamiento Testigo mostró medias de 2.13 g los 127 dds (Figura. 13).

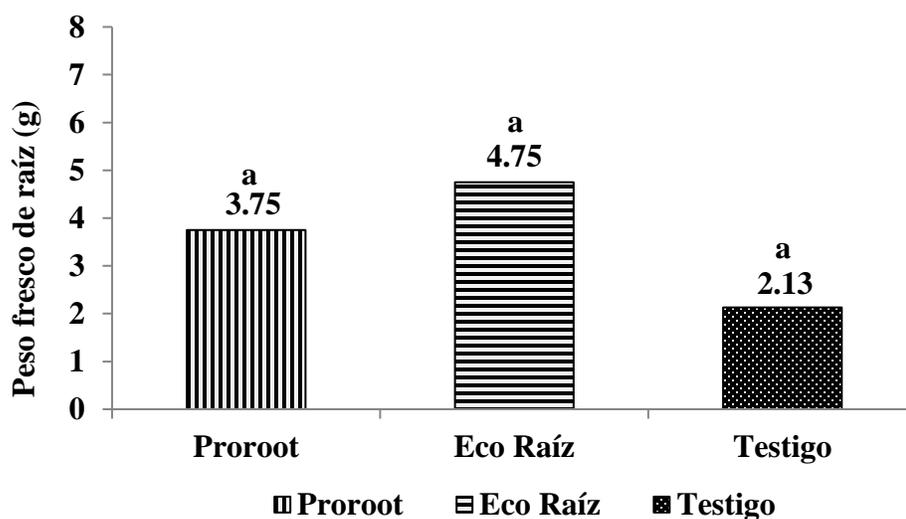


Figura 13. Efecto de los enraizadores sobre el peso fresco de raíz a los 127 dds.

5.3 Comportamiento de la supervivencia de los esquejes de bambú a los 127 dds.

5.3.1 Supervivencia (%)

Según Arroyo y Ramírez (1998) citados por Benavides y Mejía (2003) Este porcentaje es un indicador de adaptabilidad de una especie en una zona, determinada por los individuos o plantas que en su crecimiento inicial han sobrevivido o soportado las condiciones ambientales, adaptándose a los requerimientos climáticos y edáficos exigidos por la especie que le permiten un normal desarrollo vegetativo.

El ANDEVA al 95 % de confiabilidad realizado a la variable de supervivencia; demostró que no exististe diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, de acuerdo a la separación de Tukey. El Tratamiento Proroot presentó medias de 97 % a los 127 dds, seguido del Tratamiento Testigo con 94 % a los 127 dds y el tratamiento Eco Raíz mostró medias de 89 % a los 127 dds (Figura 14).

El tratamiento testigo presento el mayor porcentaje de supervivencia en comparación con Eco Raíz, de acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que no desarrollo brotes ni área foliar por lo que la demanda de agua y nutrientes fue menor que los tratamientos con enraizadores sintéticos que presentaron mayor longitud de brotes (figura 11).

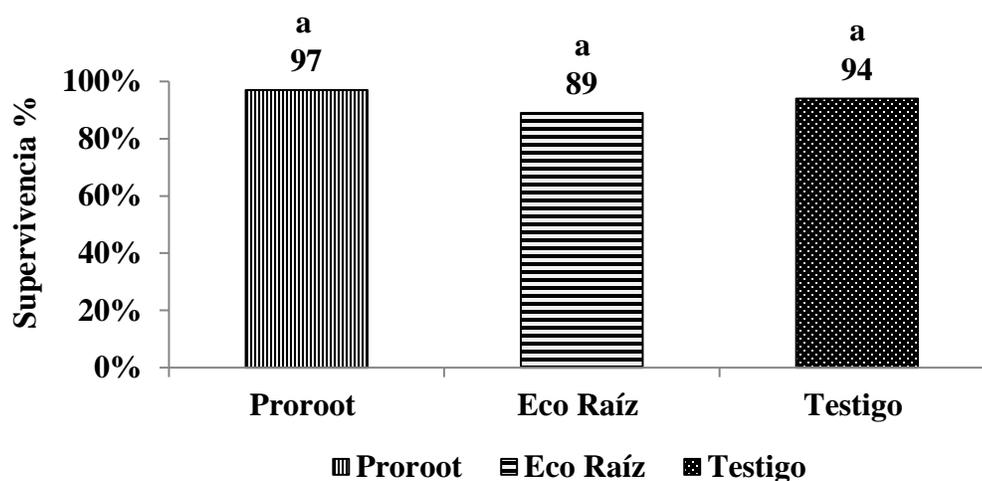


Figura 14. Efecto de los enraizadores sobre la supervivencia del bambú a los 127 dds.

5.4 Resultado de análisis económico del estudio

Para determinar la rentabilidad del estudio se realizó el análisis de presupuesto parcial que se considera una forma de ordenar los tratamientos para determinar su beneficio neto y su relación beneficio–costo que tienen los enraizadores, evaluando la viabilidad de su utilización conforme a sus resultados.

En el presupuesto parcial se calcularon para cada uno de los tratamientos en estudio, considerando que los rendimientos fueron ajustados al 10 % tomando en cuenta la diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el productor obtiene en el campo. Se multiplicó el rendimiento de plantas producidas con el valor de venta de planta sobre el territorio nacional de C\$ 25.0 córdobas, sin embargo, el precio de las plantas de bambú cambia según la oferta y el tiempo en que esta lista para el mercado.

En el Cuadro 7 se muestra el análisis del presupuesto parcial de los tratamientos en estudio comparando el beneficio neto y la relación beneficio–costo de los tratamientos. El mayor beneficio neto lo obtuvo el T1: Proroot C\$ 44242.5 y también, el mayor beneficio–costo C\$ 5.29, lo que significa que por cada córdoba que el productor invirtió obtuvo una ganancia de C\$ 5.29 córdobas con la aplicación de (8gL⁻¹), en comparación a los tratamientos Testigo y Eco Raíz los que presentaron un costo–beneficio de C\$ 4.69 y C\$ 4.48 respectivamente.

Cuadro 7. Resultados del presupuesto parcial en los tratamientos evaluados en la propagación vegetativa del bambú

Indicadores	Proroot	Eco Raíz	Testigo
Rendimiento (plantas producidas)	2425	2225	2350
Rendimiento ajustado al 10% (plantas producidas)	2182.5	2002.5	2115
Precio de venta C\$ (plantas)	25	25	25
Ingreso bruto al campo C\$ (plantas)	54 562.5	50 062	52 875
Costos variables			
Costo pala C\$	500	500	500
Costo serrucho cola de zorro C\$	350	350	350
Costo tijera C\$	550	550	550
Costo rastrillo C\$	400	400	400
Costo regadera	600	600	600
Costo balde 20 LC\$	120	120	120
Costo manguera C\$	900	900	900
Costo esqueje (bambú) C\$	500	500	500
Costo transporte C\$	1000	1000	1000
Costo sustrato C\$	200	200	300
Costo tierra vegetal C\$	800	800	800
Costo de bolsas C\$	300	300	300
Costo Eco Raíz C\$	0	1950	0
Costo ProrootC\$	1110	0	0
Costo Oxicloruro de cobre C\$	720	720	720
Costo mano de obra C\$	1250	1250	3,000
Costo de riego C\$	300	300	500
Costo beakerC\$	720	720	720
Costos totales en C\$	10320	11160	11260
Beneficio neto en C\$	44242.5	38902.5	41615
Beneficio–costoC\$	5.29	4.48	4.69

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de Proroot presentó los mayores valores en las variables número de brotes y longitud de raíz a los 62 y 127 dds, en comparación a los tratamientos Eco Raíz y Testigo que mostraron medias similares.

La aplicación de los tres tratamientos no mostró diferencias estadísticas significativas en las variables longitud de brotes y peso fresco de raíz.

Los tratamientos en estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable de supervivencia.

El análisis económico demostró que el tratamiento Proroot obtuvo el mayor beneficio neto y el mayor beneficio–costo en comparación a los otros tratamientos evaluados.

VII. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, recomendamos el uso de Proroot para utilizarlo como enraizador en la propagación de los esquejes de bambú en vivero ya que presentó el mayor número de brotes, la mayor longitud de raíz, el porcentaje más alto de supervivencia, y el mayor Beneficio–costo.

VIII. LITERATURA CITADA

- BENAVIDES, C y MEJÍA, V. Establecimiento y evaluación inicial de un arboretum con ocho especies nativas en la Granja Botana, Universidad de Nariño, Pasto. Tesis de Grado, Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2003. P. 68 – 71
- Catasús, G. I. 2003. estudio de los bambúes arborescentes cultivados en cuba. minrex. cuba. 56 p. [en línea]: (<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4471505.pdf>, documentos,22 de abril. 2014).
- Cummings, B. 2008. Morfología y anatomía de plantas vasculares. Recuperado de <http://academic.uprm.edu/jvelezg/plantas.pdf>
- Delgado–Salinas, A., Bibler, R., and Lavin, M. 2006. Phylogeny of the genus vulgaris (gramínea): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany* 31: 779–791.
- Espinal, C., Martínez, H., Pinzón, N., y Espinosa, D. (2005). La cadena de la guadua en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991–2005. Bogotá. 152p.
- Fernández, H. (2004) Proyecto de inversión de bambú *Guadua angustifolia*.
- Franquis F. e Infante, A. (2003). Perspectivas del bambú en América Latina y en Venezuela. 33, 1–10 p.
- Galloway, B.T., 1928: Bamboos and Bamboo Culture. Leaflet No18 US. Department of Agriculture
- Giraldo, E. y Sabogal, A. (1999). Una alternativa sostenible la Guadua. Corporación Autónoma Regional del Quindío. 192 p.
- Giraldo, H. E., Sabogal, A. 2007. Una alternativa sostenible: la Guadua técnicas de cultivo y manejo. Corporación Autónoma del Quindío C.R.Q. Tercera edición e impreso en Colombia. 192 p.
- Hassan, S M. 1980. Estudios sobre las estructuras y el crecimiento de yemas de bambú a la luz de su probable uso en cultivo de tejidos. *Bano Bigyan Patrika*9: 7–16.
- Hossain, M. A., Kumar, S. M., Seca, G., Maheeran, A. A., & Nor–Aini, A. S. (2018). Mass Propagation of *Dendrocalamus Asper* by Branch Cutting. *Journal of Tropical Forest Science*, 30(1), 82–88. <https://doi.org/10.26525/jtfs2018.30.1.8288>
- Hossain, M. A., & Yarefinar, G. R. (2012). Propagación clonal masiva de *Balcooabambusay* (*B. nutans*). *Revista Internacional de Gestión de Usufructos Forestales*, 13(1), 13–25.

<https://earth.google.com/web/@0,-2.80940015,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAGgBOgMKATBCAggBSg0I> ARAA

- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2017). Guía técnica para el cultivo de bambú en Nicaragua. Misión de la república de china (Taiwán). ICDF
- Instituto Técnico de Capacitación. (1990.) (a) Tecnología del cultivo de bambú. Departamento Agrícola, Misión de la República de China (Taiwán). ICTA. Guatemala, Guatemala. 35 p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2002. Establecimiento y manejo de viveros forestales en bolsa.
- Jarquín, Y. y Lagos, O. 2010. Dosis de compost y su efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo del nopal (*Opuntia Ficus-Indica* L), Las Esquinas, Carazo. Revista científica de la Universidad Nacional Agraria- volumen 12-Nº. 19, Diciembre 2012. Managua, NI. P. 91 – 95.
- Kumar, M., Rajesh, G., y Sudheesh, G. (2005). Aboveground biomass production and nutrient uptake of thorny bamboo in the homegardens of Thrissur, Kerala. *J. Trop. Agric.*, 43 (1) 51–56 p.
- Londoño, X. (1990b). Estudio botánico, ecológico, silvicultural y Económico industrial de las Bambusoideae de Colombia. *Cespedesia* 17 (59), 51–78 p.
- Macias J. 1986. Propagación de los Bambúes, Ecuador. [En línea]: (www.bosquesflegt.gov.co/publicaciones/carder%202.pdf; documento; 02 de octubre. 2014).MC.
- McClure, 1936. Estudio de la taxonomía de la familia de los bambúes. *Revista de Biología y cultivo de bambú, Costa Rica.*345 p.
- Mercedes J. R. 2006. Guía Técnica Cultivo del Bambú. Santo Domingo, República Dominicana. CDAF. 38p. [En línea]: 61 (www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF, documento, 02 de jun. 2014).
- Mohamed AH, kadir WRWA, HaliS r &aBdullaH NMH. (2009). Early performance trial offourMalaysiancommercialbamboos in southern PeninsularMalaysia. *Borneo Science* 25: 81–85.
- Montaldo, A. (1991). Cultivo de raíces y tubérculos Tropicales, San José Costa Rica. Segunda edición, publicado por Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) 1991, 408 p.

- Pattanaik Dakota del Sur como P, Borahmi, kauraH&Borahk.2004 Multiplicación vegetativa de *Alcalcooa bambusa* Roxb. Utilizando esquejes de ramas. *Diario de bambú y ratán* 3:301–412.
- PERUBAMBU, 2004. Asociación Peruana de Bambú. Métodos de Propagación del Bambú (*Guadua angustifolia*). Promoción de la Rehabilitación, Manejo y Uso Sostenible de los Bosques Tropicales de Bambú en la Región Noroccidental del Perú.
- Sánchez–Medrano, M.; Espuna Mújica, J.; Roux Gutierrez, R. (2016). El bambú como elemento estructural: la especie *Guadua amplexifolia*. *Nova Scientia*, 8(17): 657–677.
- Santillán, K. (2020). Desarrollo de manual para presupuestos parciales para el proceso de toma de decisiones agrícolas. (Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/43e2fe65–ba30–4043–a425–2b174fb3fcd8/content>.
- Soderstrom, Thomas R. and Calderón E., Cleofé, 1979: A Commentary on the Bamboos. (Poaceae:Bambusoideae) Department of Botany, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, USA. *Biotropica* 11(3): 161–172, 1979, USA.
- Valdez, D. y Shiun, S. (2010). Generalidades del cultivo del bambú. Misión Técnica Agrícola de la República de China (Taiwán) en Guatemala
- Wahab, M., Monte, S., Mamá, T., Ejércitos de Reserva, S., & Sudin, M. (2012). Variación potencial y estructural de algunas especies de bambú cultivadas seleccionadas en Malasia Peninsular. *Revista Internacional de Biología*, 4(1), 10–116.
- Widmer, I. (1990). Los bambúes: Biología, Cultivo, Manejo y Usos. Proyecto de Silvicultura de Bosques Naturales. Costa Rica: CATIE.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Separación de medias del ANDEVA en la variable número de brotes en diferentes momentos de evaluación en el cultivo de bambú

Número de brotes					
Categoría estadística	15 dds	Categoría estadística	62 dds	Categoría estadística	127 dds
a	1.33(T ₁)	a	2.21(T ₁)	a	1.88 (T ₁)
a	1.31 (T ₂)	b	1.60(T ₂)	b	1.51(T ₂)
a	0.87(T ₃)	a	1.89(T ₃)	b	1.46(T ₃)
Andeva	NS		*		**
P-valor	0.2000		0.053		0.012
C V (%)	36.49%		33.70%		16.82%

ns: no significativo. **: Significativo al 95% de confianza, C.V (%) coeficiente de variación.

Anexo 2. Separación de medias del ANDEVA en la variable longitud de brotes en diferentes momentos de evaluación

Longitud de brotes (cm)					
Categoría estadística	15 dds	Categoría estadística	62 dds	Categoría Estadística	127 dds
a	1.25 (T ₁)	a	4.64 (T ₁)	a	6.4 (T ₁)
a	1.36 (T ₂)	a	4.61 (T ₂)	a	7.2 (T ₂)
a	0.83 (T ₃)	a	4.10 (T ₃)	a	6.4 (T ₃)
P-valor	0.2480		0.945		0.956
C V (%)	38.41%		67.5%		68.4%

Nota: valores con la misma letra son estadísticamente iguales separación de medias Tukey.

Anexo 3. Separación de medias del ANDEVA en la variable longitud de raíz a los 127 dds

Longitud de raíz(cm)			
Categoría estadística	127 dds	P-valor	C V (%)
a	14.5(T ₁)	0.799	38.2%
a	13.4(T ₂)	0.799	38.2%
a	12.3(T ₃)	0.799	38.2%

Nota: valores con la misma letra son estadísticamente iguales separación de medias Tukey.

Anexo 4. Separación de medias del ANDEVA en la variable peso fresco de raíz a los 127 dds

Peso fresco de raíz (kg)			
Categoría estadística	127 dds	P-valor	C V (%)
a	3.75 (T ₁)	0.196	66.9%
a	4.75 (T ₂)	0.196	66.9%
a	2.13 (T ₃)	0.196	66.9%

Nota: valores con la misma letra son estadísticamente iguales separación de medias Tukey.

Anexo 5. Separación de medias del ANDEVA en la variable supervivencia (%) a los 127 dds

Supervivencia (%)			
Categoría estadística	127 dds	P-valor	C V (%)
a	8.75 (T ₁)	0.178	7.94%
a	8.00 (T ₂)	0.178	7.94%
a	8.50 (T ₃)	0.178	7.94%

Nota: valores con la misma letra son estadísticamente iguales separación de medias Tukey.

Anexo 6. Siembra de esquejes de bambú en bolsas



Anexo 7. Fertilización del cultivo de bambú



Anexo 8. Recolección de datos en el experimento



Anexo 9. Desarrollo de brotes de bambú en diferentes tratamientos



Anexo 10. Desarrollo radical de las plantas de bambú a los 127 dds

Testigo



Eco Raíz



Proroot



Anexo 11. Peso de raíz de las plantas de bambú a los 127 dds

