

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**“IMPACTO DE CINCO SUSTRATOS EN LA  
PROPAGACIÓN POR ESQUEJES DE BAMBÚ (*Guadua  
angustifolia* Kunth), EN LA PROVINCIA DE JAÉN -  
CAJAMARCA.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR: Bach. KEVIN JHOEL MONTENEGRO ARTEAGA**

**ASESOR: Dr. SANTOS CLEMENTE HERRERA DÍAZ**

**JAÉN - PERÚ, ENERO, 2020**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo, Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la Ciudad de Jaén, el día 06 de Febrero del año 2020, siendo las 10:00 horas, se

Reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Alexander Huamán Mera

Secretario: M.Sc. Lizabeth Maribel Cardona Rojas

Vocal: Dr. Segundo Sanchez Jello

Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de Investigación

(  ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"Impacto de cinco sustratos en la propagación por esporas de bombi (Guadua angustifolia Kunth), en la provincia de Jaén - Cajamarca"

Presentado por estudiante/egresado o Bachiller Bach. Kevin Jhael Montenegro

Artaga

De la Carrera Profesional de Ing. Forestal y Ambiental

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(  ) Aprobar ( ) Desaprobado (  ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |                   |
|----------------|------------|-------------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )               |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )               |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <u>quince</u> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )               |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )               |

Siendo las 11:00 Hora del mismo día, el Jurado concluye el acto sustentado confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Secretario

Presidente

Vocal

## INDICE

INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE LOS ANEXOS .....	IX
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS, MATERIAL BIOLÓGICO, SUSTRATOS Y SERVICIOS.....	16
3.1.1 Materiales: .....	16
3.1.2 Herramientas:.....	17
3.1.3 Equipos:.....	17
3.1.4 Material biológico:.....	17
3.1.5 Sustratos .....	18
3.1.6 Servicios .....	18

3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.2.1	Enfoque .....	19
3.2.2	Hipótesis .....	19
3.2.3	Variables.....	19
3.2.4	Factores de estudio.....	20
3.3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
3.3.1	Lugar del experimento .....	21
3.3.2	Metodología, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos .....	22
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
4.1	EFFECTO DE LOS SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES DE <i>Guadua angustifolia</i> .....	26
4.1.1	Evaluación de porcentaje de enraizamiento. ....	26
4.1.2	Evaluación de número de raíces por esqueje.....	29
4.2	IMPACTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA Y DÍAS AL BROTE DE LOS ESQUEJES DE <i>Guadua angustifolia</i> .....	32
4.2.1	Evaluación del porcentaje de sobrevivencia.....	32
4.2.2	Evaluación de días al brote.....	35
4.3	REPERCUSIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL VOLUMEN DE LAS RAÍCES DE LAS PLÁNTULAS DE <i>Guadua angustifolia</i> .....	38

4.3.1	Evaluación de la raíz más larga (cm).....	38
4.3.2	Evaluación de volumen radicular.....	41
<b>V.</b>	<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
	<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>57</b>
	<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Factores de estudio.....	20
<b>Tabla 2:</b> Promedio y porcentajes de enraizamiento de los tratamientos .....	26
<b>Tabla 3:</b> Análisis de varianza de porcentaje de enraizamiento .....	27
<b>Tabla 4:</b> Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad .....	27
<b>Tabla 5:</b> Promedios de las raíces por esquejes de los diferentes tratamientos.....	29
<b>Tabla 6:</b> Análisis de varianza de número de raíces por estaca.....	30
<b>Tabla 7:</b> Significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad .....	30
<b>Tabla 8:</b> Promedios del porcentaje de sobrevivencia de los diferentes tratamientos .....	32
<b>Tabla 9:</b> Análisis de varianza de porcentaje de sobrevivencia .....	33
<b>Tabla 10:</b> Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.....	33
<b>Tabla 11:</b> Promedio de días al brote de los diferentes tratamientos.....	35
<b>Tabla 12:</b> Análisis de varianza de días al brote.....	35
<b>Tabla 13:</b> Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.....	36
<b>Tabla 14:</b> Promedios de longitudes de las raíces de los distintos tratamientos. ....	38
<b>Tabla 15:</b> Análisis de varianza de longitud de raíz (cm). ....	39
<b>Tabla 16:</b> Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.....	39

<b>Tabla 17:</b> Promedios de volumen radicular de los distintos tratamientos .....	41
<b>Tabla 18:</b> Análisis de varianza del volumen de las raíces cm <sup>3</sup> .....	41
<b>Tabla 19:</b> Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.....	42
<b>Tabla 20:</b> Propiedades físicas de los diferentes tratamientos. ....	66

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Invernadero donde se desarrolló el proyecto.....	21
<b>Figura 2:</b> Porcentaje de Enraizamiento.....	28
<b>Figura 3:</b> Número de raíces por esquejes.....	31
<b>Figura 4:</b> Porcentaje de Supervivencia.....	34
<b>Figura 5:</b> Días al brote.....	37
<b>Figura 6:</b> Longitud de raíces (cm).....	40
<b>Figura 7:</b> Volumen raíces (cm <sup>3</sup> ).....	43

## ÍNDICE DE LOS ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Fichas de toma de datos. ....	60
<b>Anexo 2:</b> Resumen sobre las principales propiedades físicas de los sustratos.....	66
<b>Anexo 3:</b> Panel fotográfico de limpieza, hoyado, cercado del terreno. ....	67
<b>Anexo 4:</b> Panel fotográfico de instalación de camas de germinación .....	69
<b>Anexo 5:</b> Recolección de esquejes de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth .....	70
<b>Anexo 6:</b> Siembra de los esquejes en las camas de germinación. ....	72
<b>Anexo 7:</b> Riego de las camas de propagación. ....	73
<b>Anexo 8:</b> Plántulas de <i>Guadua angustifolia</i> en los diferentes tratamientos .....	74
<b>Anexo 9:</b> Extracción de los esquejes para evaluar longitud y volumen.....	77
<b>Anexo 10:</b> Medición de longitud de raíces.....	77
<b>Anexo 11:</b> Medición del volumen de las raíces.....	79

## RESUMEN

*Guadua angustifolia* (**Bambú**) tiene un gran potencial ambiental, social y económico debido a que soluciona un sin número de problemas; sin embargo, ésta especie presenta una inflorescencia muy esporádica por lo que no es posible propagarla por vía sexual, además se desconoce un método de propagación adecuado. Es por tal razón que se realizó esta investigación teniendo como objetivo, determinar que sustrato permite un mayor porcentaje de enraizamiento, prendimiento y calidad de plántulas de *Guadua angustifolia* (**Bambú**); desarrollando la propagación vegetativa por esquejes en cinco tipos de sustratos: Arena, cascarilla de arroz, tamo de café, aserrín y mezcla de todos; en un invernadero ubicado en la ciudad de Jaén. Donde al final de la experimentación se evaluó: porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número de raíces por esqueje, volumen radicular, longitud de la raíz más larga y días al brote. Llegando a determinar que el mejor sustrato para propagar *Guadua angustifolia* es aserrín, seguido de arena de río.

**Palabras clave:** Bambú; sobrevivencia; invernadero; sustratos y propagación

## ABSTRACT

*Guadua angustifolia* (**Bamboo**) has a great environmental, social and economic potential because it solves a number of problems; However, this species has a very sporadic inflorescence so it is not possible to spread it sexually, and an adequate method of propagation is unknown. It is for this reason that this research was carried out with the objective of determining which substrate allows a higher percentage of rooting, yield and quality of seedlings of *Guadua angustifolia* (**Bamboo**); developing vegetative propagation by cuttings on five types of substrates: Sand, rice husk, coffee bean, sawdust and mixture of all; in a greenhouse located in the city of Jaén. Where at the end of the experiment it was evaluated: survival percentage, rooting percentage, number of roots per cut, root volume, longer root length and days to bud. Getting to determine that the best substrate to propagate *Guadua angustifolia* is sawdust, followed by river sand.

**Keywords: Bamboo; survival; greenhouse; substrates and propagation**

## I. INTRODUCCIÓN

En todos los continentes, con excepción Europa y las zonas polares, existen bambúes nativos. En América el área de distribución natural se extiende desde Costa Rica, siguiendo la franja costera del atlántico hacia América del Sur, pasando Colombia, las regiones amazónicas de Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil (Londoño, 2004). “En el Perú el rango de distribución natural del género *Guadua*, comprende el ámbito de once regiones, habitando mayormente en el bosque montano oriental y en la llanura amazónica representando el nueve por ciento de las gramíneas existentes en el territorio peruano” (Tovar, 1993).

*Guadua angustifolia* Kunth es la especie de bambú más utilizada en el Perú, presentando una considerable cantidad de usos, muchos de los cuales no presentan un mayor grado de procesamiento (Añazco, 2013).

Se estima que una hectárea de *Guadua angustifolia* captura 40 por ciento más de dióxido de carbono que una hectárea de coníferas o eucaliptos en 10 o 14 años (Gonzales, 2018). Por otro lado, se ha reconocido que supera a *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en un 18.75 por ciento en la captura de carbono y a *Pinus pinea* L. en 37 por ciento aproximadamente (Kibwage, 2008). *G. angustifolia* llega a producir cuatro veces más oxígeno que otros árboles; además, produce seis veces más celulosa que el pino y genera hasta 40 toneladas por hectárea de biomasa cada año (Franquis y Infante, 2003).

*Guadua angustifolia* transforma la radiación solar en bienes y servicios ambientales útiles, ubicándolo como una de las principales plantas en la lucha contra el cambio climático (Lárraga et al., 2011). Puede establecerse en todo tipo de terreno, sirve para incorporar tierras sin uso al cultivo, evita la erosión de los suelos, rehabilita tierras degradadas y favorece la formación de microclimas para la regeneración de los bosques (Lárraga et al., 2011).

Se puede cosechar constantemente a partir del quinto año por un periodo de 80-120 años, lo que no es común en especies maderables (Kibwage, 2008). También, se considera que la producción de 60 hectáreas de *Guadua angustifolia*, equivale a la madera de 500 hectáreas de valiosos árboles tropicales (Daquinta et al., 2007). Se le atribuye un alto valor nutritivo cuando se le cultiva para obtener forraje. Igualmente, contiene propiedades medicinales, es fuente de alimentación humana y de gran valor ornamental (Añazco, 2013).

Hoy en día *Guadua angustifolia* está teniendo un valor muy relevante en la sociedad en lo que concierne a la parte ambiental, social y económica. La tala ilegal, quema de los bosques con fines de agricultura migratoria y para cultivos de productos ilícitos en la amazonia y la minería ilegal; son las principales causas del incremento de la pérdida de los bosques tropicales (Díaz et al., 2017).

En el Perú, se ha desarrollado interés por el bambú para realizar reforestación y forestación por ser una especie de rápido crecimiento, constituyendo una herramienta prominente para la restauración de ecosistemas degradados; sin embargo, en la producción de plántones de esta especie existe pocas experiencias tanto en la utilización de fitorreguladores como en propagación vegetativa (Gutiérrez, 2017).

Es por tal que se realizó este proyecto viendo el gran potencial ambiental, social y económico de la *Guadua angustifolia* solucionando problemas de: vivienda, alimentación, producción de etanol, alcohol, celulosa, carbón, usos medicinales, bosques protectores "sumidero de carbono", control de erosión, paisajístico y otros (Cotrina, 2017,p.64).

Además viendo la limitada esterilidad de las flores, por otro lado la escasez de plantas en viveros que dificultan la forestación y reforestación con esta especie es que la investigación se enmarcó en la propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* en diferentes sustratos; donde esta investigación se convertirá en una herramienta con información verídica sirviendo de apoyo a la producción de plántones para posteriormente resolver problemas climáticos, ambientales, sociales y económicos ya que se generó información que ayudará a su fácil propagación a pequeña y gran escala con un buen índice de viabilidad, lo que permite su rentabilidad económica y calidad de plántones.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar que sustrato permite un mayor porcentaje de enraizamiento, prendimiento y calidad de plántulas de *Guadua angustifolia*.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar el efecto de cada sustrato en el enraizamiento de los esquejes de *Guadua angustifolia*.
- Determinar el porcentaje de sobrevivencia y número de días al brote de *Guadua angustifolia* por sustrato.
- Determinar el volumen de las raíces de las plántulas de *Guadua angustifolia* en los diferentes sustratos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS, MATERIAL BIOLÓGICO, SUSTRATOS Y SERVICIOS.**

##### **3.1.1 Materiales:**

- Malla Raschel 80 por ciento de luminosidad.
- Cañas de guayaquil de 3m.
- Alambre de amarra.
- Manguera
- Tablas.
- Plástico.
- Libreta de apuntes.
- Lapicero.
- Hojas papel bond.
- Cinta métrica.
- Wincha.
- Alambre con púas
- Probeta graduada
- Hilo pabilo

### **3.1.2 Herramientas:**

- Serrucho curvo de podar.
- Tijera de podar.
- Palana.
- Barreta.
- Machete.
- Serrucho
- Alicata universal
- Escalera
- Martillo

### **3.1.3 Equipos:**

- GPS.
- Balanza
- Vernier
- Computadora.
- Cámara.
- Calculadora.
- Impresora.

### **3.1.4 Material biológico:**

- Esquejes de *Guadua angustifolia*

### **3.1.5 Sustratos**

- Arena de río
- Cascarilla de arroz
- Tamo de café
- Aserrín proveniente de Cedro.
- Mezcla homogénea de arena, aserrín tamo de café y cascarilla de arroz.

### **3.1.6 Servicios**

- Limpieza del área.
- Hoyación del cerco del terreno para instalación de postes
- Cercado del área
- Traslado de material vegetativo.
- Traslado de sustratos.

## 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.2.1 Enfoque

La investigación tuvo un enfoque aplicado, cuantitativo de tipo experimental y transversal. Porque se relacionaron los efectos que generen los sustratos, sobre el enraizamiento y crecimiento de nuevos brotes de *Guadua angustifolia* en un periodo corto.

### 3.2.2 Hipótesis

- **H<sub>0</sub>:** Los sustratos no tienen diferencias significativas en sus resultados respecto al enraizamiento, prendimiento y biomasa radicular de los esquejes de *Guadua angustifolia*.
- **H<sub>1</sub>:** Uno de los sustratos produce mayor enraizamiento, prendimiento y biomasa radicular sobre los esquejes de *Guadua angustifolia*.

### 3.2.3 Variables

#### 3.2.3.1 Variables independientes

- Arena.
- Tamo de Café.
- Cascarilla de arroz.
- Aserrín de cedro.
- Mezcla homogénea de arena, aserrín, tamo de café y cascarilla de arroz.

### 3.2.3.2 Variables dependientes

- Enraizamiento.
- Prendimiento.
- Biomasa radicular

### 3.2.4 Factores de estudio

El factor de estudio que se planteó para este trabajo de investigación es el tipo de sustrato; donde se designa a los tratamientos el tipo de sustratos como único factor.

**Tabla 1.** Factores de estudio

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TIPO DE SUSTRATO</b>	<b>RELACIÓN</b>
<b>T1</b>	Arena de río	1
<b>T2</b>	Cascarilla de arroz	1
<b>T3</b>	Tamo de café	1
<b>T4</b>	Aserrín de cedro	1
<b>T5</b>	Mezcla homogénea de arena, aserrín, tamo de café y cascarilla de arroz	1:1:1:1

Relación de tratamientos y sustratos

### 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1 Ubicación del experimento

La investigación se desarrolló en el sector Nueva Villa, distrito y provincia de Jaén, región Cajamarca. A una altura de 729 m.s.n.m. con coordenadas UTM 743066N 9370624E, temperatura promedio anual de 24.2 °C y precipitación de 784 mm al año.



**Figura 1.** Invernadero donde se desarrolló el proyecto

### 3.3.2 Metodología, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

#### 3.3.2.1 Metodología

En la investigación se evaluó el método de propagación vegetativa de la especie *Guadua angustifolia* Kunth a partir de esquejes procedentes de tallo y ramas laterales en diferentes sustratos. Para generar buenos rendimientos de reproducción y bancos de propagación se tomó como referencia el procedimiento que siguió (Ruiz, 2013)

##### a. Trabajo de campo

Se identificó bambusales fértiles que puedan tener ramas y tallos que permitan la propagación de *Guadua angustifolia*, los esquejes se obtuvieron de especies ubicadas en la parte céntrica del guadual para luego realizar lo siguiente:

- **Obtención del material vegetativo**, la separación del tallo y ramas se realizó con un serrucho y una tijera de podar para evitar rupturas de los mismos y así poder tener un alto valor de prendimiento.
- **Momento de recolección**, se realizó en horas de baja radiación solar (16:00 horas), el material vegetativo fue colocado en bolsas plásticas para su traslado, luego fueron cicatrizados los cortes con parafina para evitar su deshidratación y la proliferación de hongos.
- **Traslado de los esquejes**, se realizó en una bolsa plástica para evitar su deshidratación.

- **Siembra de material vegetativo**, se desarrolló al azar teniendo en cuenta que el sustrato este húmedo y los esquejes cubiertos los cortes con parafina, al mismo tiempo que cada esqueje tenga tres nudos. Se sembraron 12 esquejes de 30cm por repetición haciendo un total de 36 por cama.
- **Riego**, se realizó a las 06:00 y 17:00 horas todos los días teniendo cuidado de no saturar el suelo, para así evitar la presencia de hongos.
- **Sustratos**, se empleó como sustratos arena de río, aserrín, tamo de café, cascarilla de arroz y la mezcla homogénea de los cuatro sustratos antes mencionados, distribuido uniformemente dentro de las camas de germinación.
- **Tiempo de evaluación**, se evaluó por un lapso de dos meses, al cumplirse este periodo se hizo el repique de los plantones en horas de baja radiación solar.

## **b. Procedimientos e instrumentos de recolección de datos**

### **1. Evaluación de porcentaje de sobrevivencia.**

Se evaluó al final del experimento, contándose el número de esquejes prendidos sobre el total de esquejes plantados, esta variable se evaluará visualmente en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

$$\% S = \frac{\text{esquejes vivos}}{\text{esquejes plantados}} \times 100$$

## **2. Evaluación de porcentaje de enraizamiento.**

Se evaluó al final del experimento, contándose el número de esquejes enraizados en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Se consideró como esquejes enraizados a los que presenten al menos una raíz de 1 mm de largo.

$$\% E = \frac{\text{esquejes enraizados}}{\text{esquejes plantados}} \times 100$$

## **3. Evaluación de número de raíces por esqueje.**

Se evaluó al final del experimento, contándose el número de raíces por esquejes en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

## **4. Evaluación de la raíz más larga (cm).**

Se evaluó al final del experimento, midiendo con vernier milimetrado y Wincha la longitud de la raíz más larga.

## **5. Evaluación días al brote.**

Se refiere al periodo de aparición de brotes en los esquejes; se evaluó todos los días y a los 60 días se dio por concluido.

## **6. Evaluación volumen radicular.**

Se desarrolló siguiendo la metodología de Gil y Rodríguez (2001) de la siguiente manera:

- Se colocó en el plato de la balanza una probeta con agua, donde se pueda sumergir todo el cuerpo sin producir derramamiento de agua.
- Se taró la balanza con la probeta.
- Se introdujo la raíz.
- Finalmente se anotó los valores y mediante fórmulas se obtuvo el volumen de las raíces.

### **c. Trabajo de gabinete**

Teniendo los datos registrados en las fichas de campo, se realizó un análisis de varianza de un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos; al mismo tiempo se realizó la prueba de TUKEY al 5%; utilizando los Softwares Microsoft Excel e InfoStat.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 EFECTO DE LOS SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE LOS ESQUEJES DE *Guadua angustifolia*.

#### 4.1.1 Evaluación de porcentaje de enraizamiento.

Se evaluó aquellos esquejes que han logrado desarrollar raíces en los tratamientos en estudio, el cálculo del porcentaje de enraizamiento de esquejes, se lo realizó de acuerdo al tipo de sustrato aplicando la fórmula propuesta. En la tabla: 2 se observa que el porcentaje de enraizamiento de los tratamientos varía entre 0% a 69%.

**Tabla 2.** Promedio y porcentajes de enraizamiento de los tratamientos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.	% DE ENRAIZAMIENTO
	I	II	III			
T1	7	3	9	19.00	6.33	53%
T2	7	2	1	10.00	3.33	28%
T3	0	0	0	0.00	0.00	0%
T4	8	10	7	25.00	8.33	69%
T5	5	1	0	6.00	2.00	17%
<b>Y.j</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5)

En el análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia se encontró diferencias estadísticas altamente significativas como se aprecia en la tabla 3. Teniéndose como índice estadístico un coeficiente de variación de 58.09 por ciento.

**Tabla 3.** Análisis de varianza de porcentaje de enraizamiento

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>FT</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamientos</b>	4	134.00	33.50	6.20	0.0142	<b>**</b>
<b>Bloques</b>	2	14.80	7.40			
<b>Error experimental</b>	8	43.20	5.40			
<b>Total</b>	14	192.00				
<b>Cv</b>		58.09				

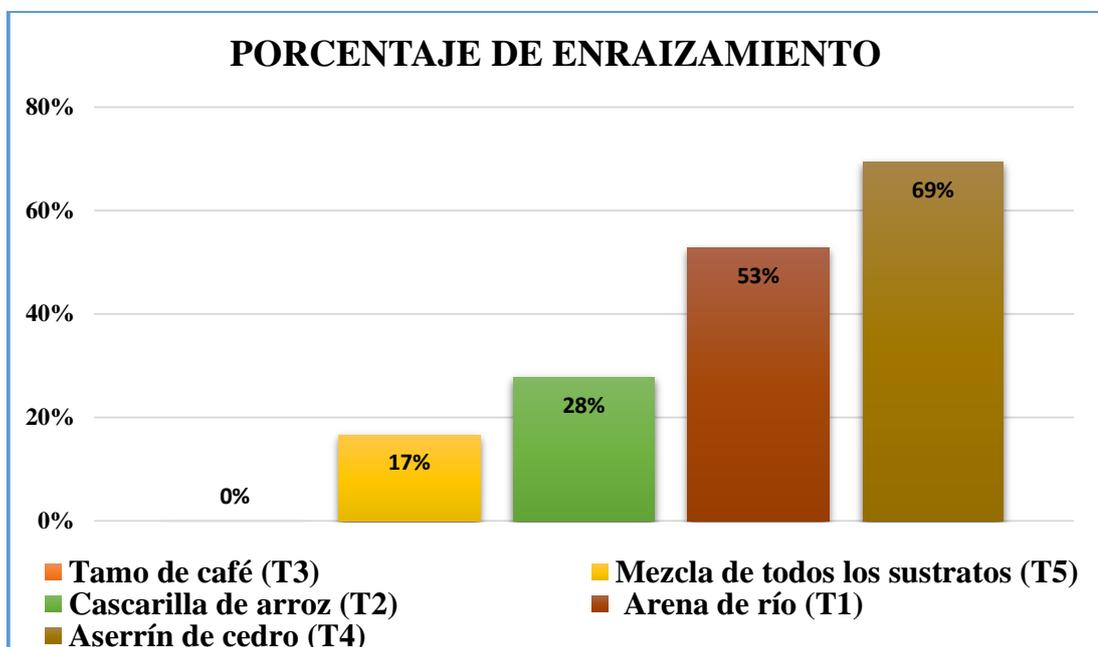
Para contrastar estas diferencias se realizó la prueba de significación de Tukey al 0.05 de probabilidad como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>N</b>	<b>E.E</b>	<b>SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD</b>	
<b>(T4)</b>	69%	3	1.34	A	
<b>(T1)</b>	53%	3	1.34	A	B
<b>(T2)</b>	28%	3	1.34	A	B
<b>(T5)</b>	17%	3	1.34	A	B
<b>(T3)</b>	0%	3	1.34		B

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5)

Como se observa en la tabla 4 existe una diferencia significativa entre tratamientos por lo que se puede decir que el T4 cuyo sustrato fue solo de aserrín de cedro es el que presento mayor porcentaje de enraizamiento de esquejes obteniendo un 69%, seguido de arena de río (T1) que obtuvo un 53%, a continuación cascarilla de arroz (T2) con 28%, posteriormente la mezcla homogénea de arena, aserrín, tamo de café y cascarilla de arroz (T5) con un 17% y el tratamiento que no presentó enraizamiento fue el sustrato de tamo de café (T3) con un 0% de enraizamiento como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Porcentaje de Enraizamiento.

#### 4.1.2 Evaluación de número de raíces por esqueje.

Se contó el número de raíces por esqueje en los tratamientos en estudio donde el tratamiento que obtuvo menor número de raíces fue tamo de café (T3) obteniendo 0 raíces y el tratamiento que obtuvo un mayor número de raíces fue aserrín de cedro (T4) que obtuvo 5 raíces en promedio como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5.** Promedios de las raíces por esquejes de los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.
	I	II	III		
<b>T1</b>	3	1	2	6	2
<b>T2</b>	2	1	1	4.00	1
<b>T3</b>	0	0	0	0.00	0
<b>T4</b>	4	5	6	15.00	5
<b>T5</b>	1	1	0	2.00	1
<b>Y.j</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>2</b>

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

En el análisis de varianza para el número de raíces por esqueje se encontró diferencias estadísticas altamente significativas. Teniéndose consigo índices estadísticos como coeficiente de variación de 43.63% como se puede observar en la tabla 6.

**Tabla 6.** Análisis de varianza de número de raíces por estaca

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>FT</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamientos</b>	4	45.07	11.27	18.27	0.0004	**
<b>Bloques</b>	2	0.40	0.20			
<b>Error experimental</b>	8	4.93	0.62			
<b>Total</b>	14	50.40				
<b>Cv</b>	<b>43.63</b>					

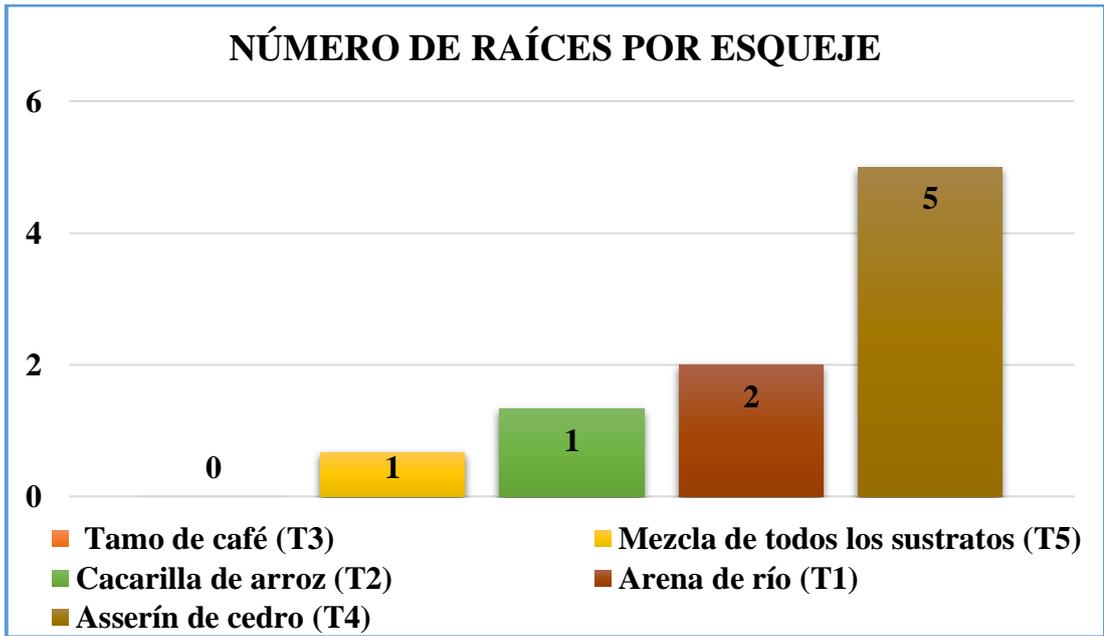
Para corroborar estas diferencias se realizó la prueba de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.** Significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>N</b>	<b>E.E</b>	<b>SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD</b>
<b>T4</b>	5	3	0.45	A
<b>T1</b>	2	3	0.45	B
<b>T2</b>	1	3	0.45	B
<b>T5</b>	1	3	0.45	B
<b>T3</b>	0	3	0.45	B

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos trabajados (T5).

Como se observa en la tabla 7 existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1 arena de río, T2 cascarilla de arroz, T3 tamo de café y T5 mezcla de todos los sustratos utilizados con respecto al tratamiento T4 aserrín de cedro en lo que concierne al número de raíces por esqueje. Por lo que se puede decir que el T4 fue el que presentó mayor número de raíces en promedio (5 raíces); seguido de T1 (2 raíces), T2 (1raiz) y T5 (1 raíces). Por otro lado, el T3 no presentó raíces en los esquejes como se muestra en la figura3.



**Figura 3.** Número de raíces por esquejes

## 4.2 IMPACTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA Y DÍAS AL BROTE DE LOS ESQUEJES DE *Guadua angustifolia*.

### 4.2.1 Evaluación del porcentaje de sobrevivencia.

Para determinar el porcentaje de sobrevivencia en esta investigación se consideró aquellos esquejes que lograron desarrollar raíces además de los “esquejes latentes” que comprenden a aquellos que presentan signos de vida, pero que aún no han desarrollado raíces en la tabla 8 se observa que el porcentaje de sobrevivencia varía entre 0% y 78%.

**Tabla 8.** Promedios del porcentaje de sobrevivencia de los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.	% DE SOBREVIVENCIA
	I	II	III			
<b>T1</b>	11	3	10	24.00	8.00	67%
<b>T2</b>	10	2	1	13.00	4.33	36%
<b>T3</b>	0	0	0	0.00	0.00	0%
<b>T4</b>	8	12	10	30.00	10.00	78%
<b>T5</b>	5	1	0	6.00	2.00	17%
<b>Y.j</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>73</b>	<b>5</b>	

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5)

En el análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia se encontró diferencias estadísticas significativas como se estipula en la tabla 9. Teniéndose como índice estadístico un coeficiente de variación de 64.87 %.

**Tabla 9.** Análisis de varianza de porcentaje de sobrevivencia

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>FT</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamientos</b>	4	205.07	51.27	5.14	0.0239	<b>**</b>
<b>Bloques</b>	2	28.93	14.47			
<b>Error experimental</b>	8	79.73	9.97			
<b>Total</b>	14	313.73				
<b>Cv</b>		<b>64.87</b>				

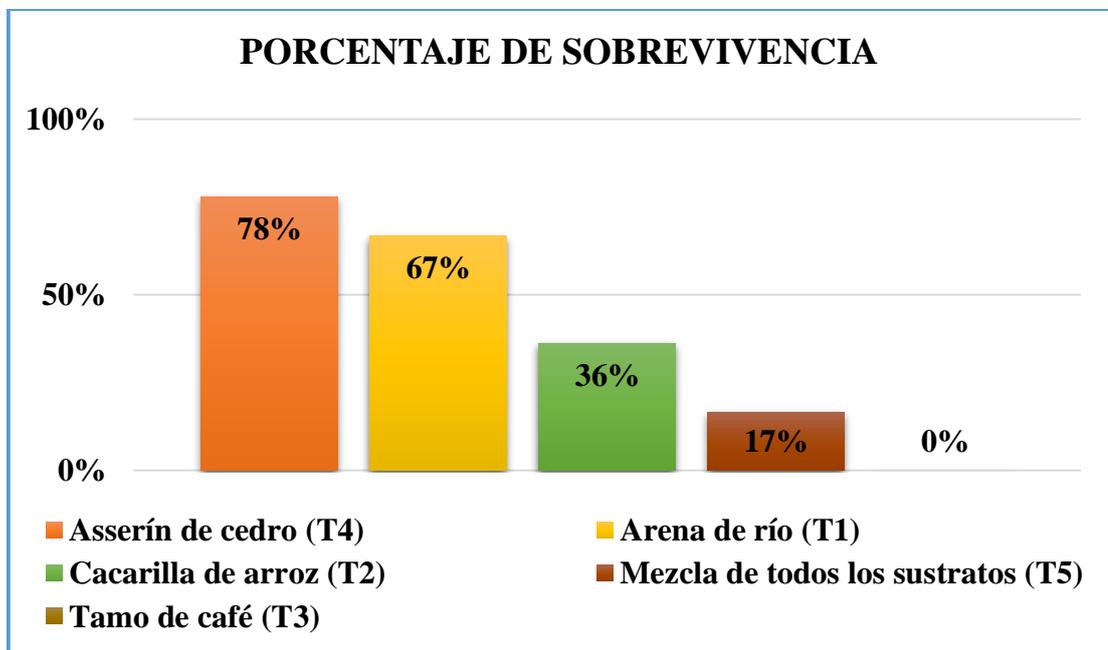
Para constatar estas diferencias se realizó la prueba de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10.** Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>N</b>	<b>E.E</b>	<b>SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD</b>	
<b>T4</b>	78%	3	1.34	A	
<b>T1</b>	67%	3	1.34	A	B
<b>T2</b>	36%	3	1.34	A	B
<b>T5</b>	17%	3	1.34	A	B
<b>T3</b>	0%	3	1.34		B

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

Entonces se puede decir que los tratamientos afectan significativamente la sobrevivencia de las plántulas de *G. angustifolia*; por lo que después de analizar los resultados se puede decir que el mayor porcentaje de sobrevivencia se presentó en el tratamiento compuesto por aserrín de cedro T4; seguido de los tratamientos T1 arena de río, T2 cascarilla de arroz, T5 mezcla de todos los sustratos; el que no presentó presencia de plántulas fue el T3 que corresponde al tamo de café por lo que obtuvo un 0% de sobrevivencia como se observa en la figura 4.



**Figura 4.** Porcentaje de Sobrevivencia.

#### 4.2.2 Evaluación de días al brote.

En la tabla 11 se observa que los esquejes en los diferentes tratamientos llegan a tener un promedio de 27 a 60 días de brotación.

**Tabla 11.** Promedio de días al brote de los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.
	I	II	III		
T1	24	31	25	80	27
T2	28	52	56	136.00	45
T3	60	60	60	180.00	60
T4	35	36	36	107.00	36
T5	54	59	60	173.00	58
<b>Y.j</b>	<b>201</b>	<b>238</b>	<b>237</b>	<b>676</b>	<b>45</b>

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

Al realizar el análisis de varianza para el número de días al brote se encontró diferencias estadísticas significativas. Teniéndose índices estadísticos como coeficiente de variación de 14.27% como se observa en la tabla 12.

**Tabla 12:** Análisis de varianza de días al brote

FV	GL	SC	CM	FC	FT	Significancia
<b>Tratamientos</b>	4	2426.27	606.57	14.66	0.0009	**
<b>Bloques</b>	2	177.73	88.87			
<b>Error experimental</b>	8	330.93	41.37			
<b>Total</b>	14	2934.93				
<b>Cv</b>		<b>14.27</b>				

Para constatar estas diferencias se realizó la prueba de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad como se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13.** Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD		
<b>T1</b>	27	3	3.71	A		
<b>T4</b>	36	3	3.71	A	B	
<b>T2</b>	45	3	3.71		B	C
<b>T5</b>	58	3	3.71			C
<b>T3</b>	60	3	3.71			C

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

Como el FT es menor que FC se rechaza la hipótesis nula, por otro lado, en la prueba de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad (tabla 13) se demuestra que existe diferencia significativa donde el tratamiento T1 que corresponde al sustrato compuesto por arena de río obtuvo brotes en menor tiempo teniendo en promedio 27 días, a continuación se encuentra los tratamientos T4 aserrín de cedro con 36 días, T2 cascarilla de arroz con 45 días , T5 mezcla de todos los sustratos con 58 días y por último el tratamiento T3 no presentó ningún esqueje prendido dentro del periodo de evaluación por lo que se le asignó el número máximo de días (60 días), esto se debió a que entró en estado de descomposición haciendo que se pierdan los esquejes; dichos resultados se muestran en la figura 5.

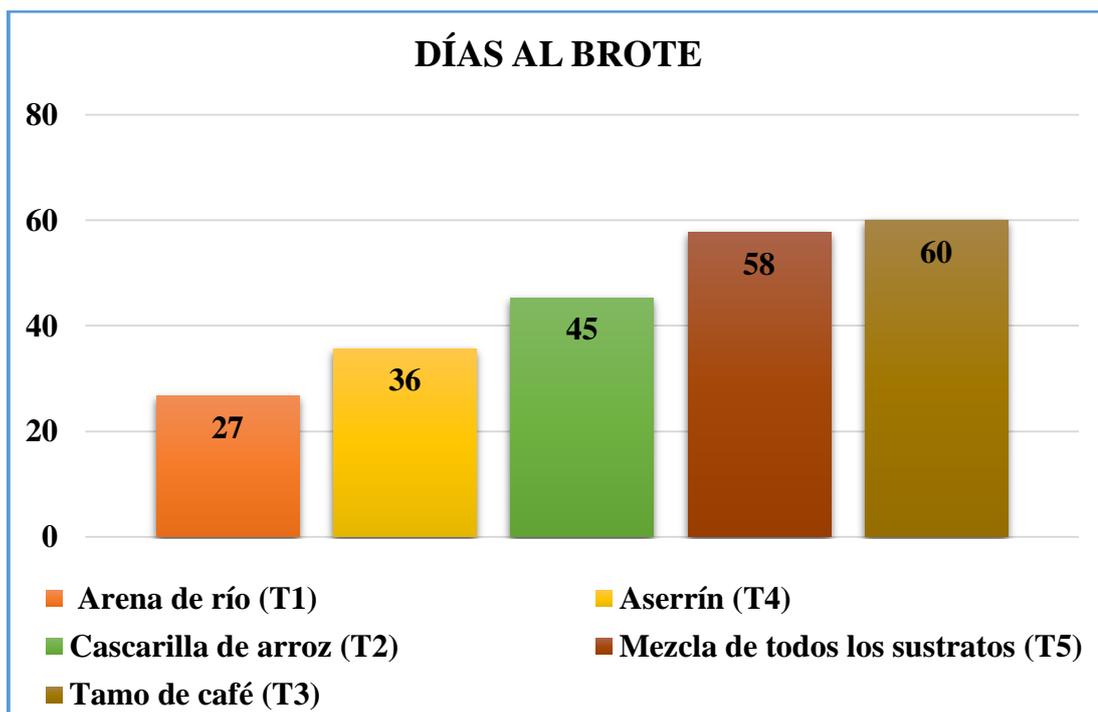


Figura 5. Días al brote.

### 4.3 REPERCUSIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL VOLUMEN DE LAS RAÍCES DE LAS PLÁNTULAS DE *Guadua angustifolia*.

#### 4.3.1 Evaluación de la raíz más larga (cm).

En la evaluación de la raíz con mayor longitud se observa que el tratamiento tres no produjo enraizamiento de los esquejes y el tratamiento cuatro fue el que obtuvo la mayor longitud de raíces alcanzando a medir 15.7cm como se observa en la tabla14.

**Tabla 14:** Promedios de longitudes de las raíces de los distintos tratamientos.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.
	I	II	III		
<b>T1</b>	7	2	8	17	5.7
<b>T2</b>	8	3	0	11.00	3.7
<b>T3</b>	0	0	0	0.00	0
<b>T4</b>	13	22	12	47.00	15.7
<b>T5</b>	6	1	0	7.00	2.3
<b>Y.j</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>82</b>	<b>5</b>

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

En el análisis de varianza de la longitud de la raíz más larga se encontró diferencias estadísticas significativas. Teniéndose consigo índices estadísticos como el coeficiente de variación de 69.34% como se observa en la tabla 15.

**Tabla 15.** Análisis de varianza de longitud de raíz (cm).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>FT</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamientos</b>	4	441.07	110.27	7.68	0.0076	<b>**</b>
<b>Bloques</b>	2	19.73	9.87			
<b>Error experimental</b>	8	114.93	14.37			
<b>Total</b>	14	575.73				
<b>Cv</b>	<b>69.34</b>					

Para verificar las diferencias significativas de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 16.

**Tabla 16:** Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>N</b>	<b>E.E</b>	<b>SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD</b>	
<b>T4</b>	15.7	3	2.19	A	
<b>T1</b>	5.7	3	2.19	A	B
<b>T2</b>	3.7	3	2.19		B
<b>T5</b>	2.3	3	2.19		B
<b>T3</b>	0	3	2.19		B

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

Como el valor crítico es menor que el nivel de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad se rechaza la hipótesis nula por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que nos dice que existe un sustrato que produce mayor enraizamiento; la prueba de medias de Tukey en la tabla 16 da a entender que existe diferencias significativas entre los tratamientos.

El tratamiento T4 que corresponde al sustrato aserrín de cedro obtuvo una longitud mayor alcanzando 15.7cm siendo muy superior a los demás tratamientos esto se refleja en la figura 6 donde se compara a los diferentes tratamientos.

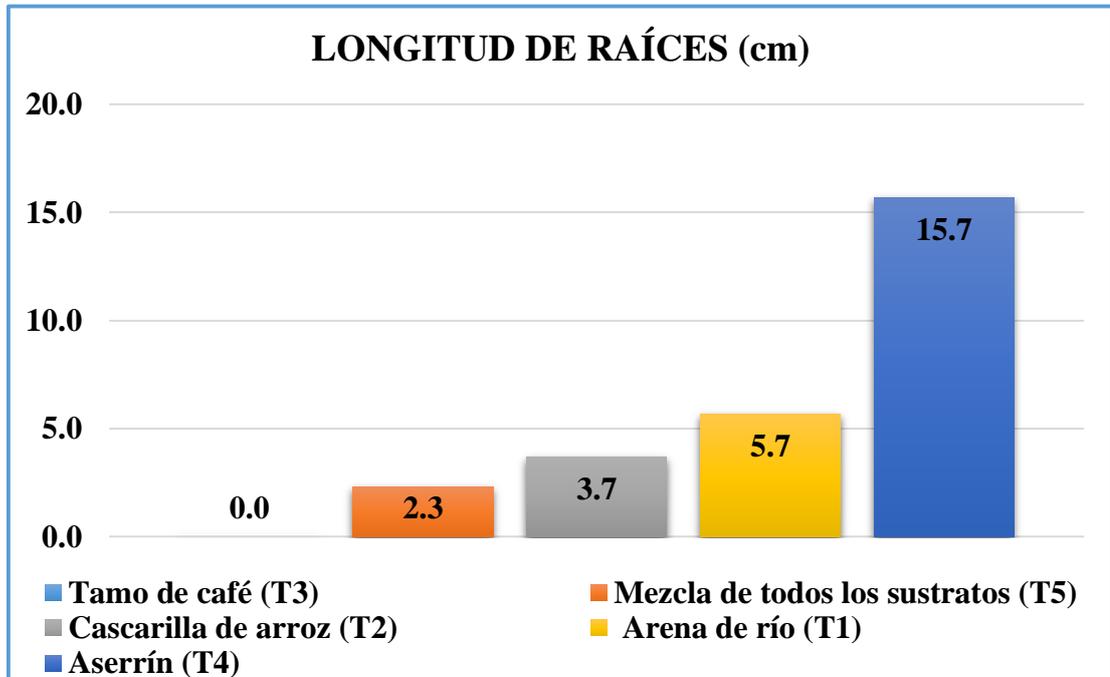


Figura 6: Longitud de raíces (cm).

### 4.3.2 Evaluación de volumen radicular.

En la evaluación del volumen radicular se observa que el tratamiento tres no produjo enraizamiento de los esquejes y el tratamiento cuatro fue el que obtuvo un mayor volumen radicular alcanzando 4cm<sup>3</sup> como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Promedios de volumen radicular de los distintos tratamientos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Yi.	YXi.
	I	II	III		
T1	3.4	1	3	7.40	3
T2	2.2	1	0.1	3.30	1
T3	0	0	0	0.00	0
T4	3	3.5	4.1	10.60	4
T5	1	0.2	0	1.20	0
<b>Y.j</b>	<b>9.6</b>	<b>5.7</b>	<b>7.2</b>	<b>22.5</b>	<b>2</b>

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

En el análisis del volumen radicular se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Teniéndose consigo índices estadísticos como el coeficiente de variación de 53.47% como se observa en la tabla 7.

**Tabla 18.** Análisis de varianza del volumen de las raíces cm<sup>3</sup>

FV	GL	SC	CM	FC	FT	Significancia
<b>Tratamientos</b>	4	26.07	6.52	10.13	0.0032	**
<b>Bloques</b>	2	1.55	0.77			
<b>Error experimental</b>	8	5.15	0.64			
<b>Total</b>	14	32.76				
<b>Cv</b>		<b>53.47</b>				

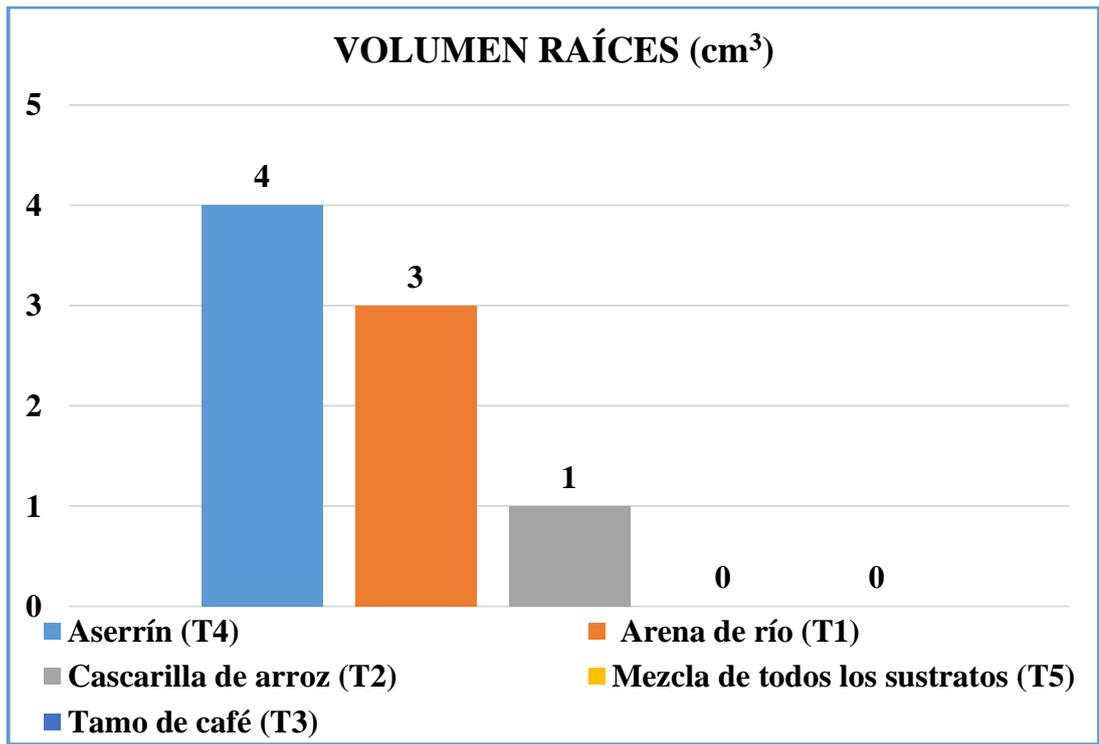
Para contrastar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19.** Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	SIGNIFICANCIA AL 0.05 DE PROBABILIDAD		
T4	4	3	0.59	A		
T1	3	3	0.59	A	B	
T2	1	3	0.59		B	C
T5	0	3	0.59		B	C
T3	0	3	0.59			C

Arena de río(T1), cascarilla de arroz(T2), Tamo de café(T3), aserrín de cedro(T4) y mezcla de todos los sustratos (T5).

Como se observa en la tabla 19 existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos donde se puede decir que el tratamiento T4 que corresponde al sustrato aserrín de cedro obtuvo mayor volumen radicular obteniendo  $4\text{cm}^3$ , seguido del T1 cuyo sustrato fue arena de río con un volumen radicular de  $3\text{cm}^3$ ; a continuación, los tratamientos T2 cascarilla de arroz, T5 mezcla de todos los sustratos y T3 tamo de café con volúmenes radiculares de  $1\text{cm}^3$ ,  $0\text{cm}^3$  y  $0\text{cm}^3$  respectivamente como se observa en la figura 7.



**Figura 7.** Volumen raíces (cm<sup>3</sup>).

## V. DISCUSIONES

En lo que concierne al número de raíces existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento T4 cuyo sustrato fue aserrín de cedro presentó mayor número de raíces en promedio (5 raíces), Abarca y Aguilar (2002) afirman que esto se debe a la presencia de N en el aserrín que permite un mejor desarrollo de raíces (pp.21-24); Perdomo, Barbazán y Durán (2019) mencionan que el N es asimilado por las plantas gracias a bacterias nitrificantes mayormente en forma de nitrato y en un porcentaje menor en forma de amonio este último se da mayormente en condiciones anaeróbicas; por lo que las raíces de las plantas crecen constantemente en búsqueda de nuevas áreas de suelo rico en nitratos. Además, se ha demostrado que el crecimiento de las raíces no es aleatorio, sino que es guiado por mecanismos moleculares que detectan la presencia y disponibilidad de nitrato en el suelo (p.74). El segundo tratamiento que presentó mayor número de raíces fue el T1 (2 raíces) cuyo sustrato fue arena de río que como lo mencionan Abarca y Aguilar (2002) esto se debe a su baja concentración de nutrientes y capacidad de retención de humedad, además, que es química y biológicamente inerte; pero se ubica en este lugar debido a su textura que permite una buena aireación y drenaje lo cual ayuda al desarrollo de las raíces(p.32); el tercer tratamiento fue el T2 que tuvo como sustrato cascarilla de arroz (1 raíz), Abarca y Aguilar (2002) mencionan que se debe a que posee un menor efecto en la reducción de Nitrógeno, además, que los granos de arroz presentes en la cascarilla tienden a hidrolizarse, posteriormente sus almidones se van convirtiendo en azúcares como la glucosa, la cual a su vez se va fermentando, con la consecuente producción de alcohol y ácido carbónico, que son

fitotóxicos por vía radicular reduciendo el prendimiento de los esquejes de *Guadua angustifolia* (p.26); el T5 cuyo sustrato fue la mezcla homogénea de los cuatro sustratos utilizados, así como el T2 cascarilla de arroz obtuvo 1 raíz esto se debería a que obtuvo una textura tipo arcillosa que no permite el desarrollo radicular. El tratamiento que no presentó raíces fue el T3 cuyo sustrato fue el tamo de café debido a que entró en proceso de descomposición y alcanzó altas temperaturas quemó a los esquejes de *G. angustifolia*.

Vásquez (2016) en su investigación denominada “Tipos de sustratos y su influencia sobre el crecimiento en viveros de dos especies forestales. *Guazuma crinita* “**Bolaina blanca**” y *Aspidosperma desmanthum* “**Quillobordon colorado**” menciona que el T6 cuyo sustrato es la cascarilla de arroz al 100% con la especie **Quillobordon colorado** obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia con promedio igual a 85,81%. En esta investigación donde se trabajó con la especie *Guadua angustifolia* Kunth el T2 que corresponde al sustrato cascarilla de arroz obtuvo un 36% de sobrevivencia superado por el T4 sustrato aserrín de cedro obtuvo un 78% de sobrevivencia seguido del T1 sustrato arena de río el mismo que obtuvo un 67% de sobrevivencia.

Así mismo Laura (2014), realizó estudios de la influencia de seis sustratos en la propagación vegetativa de *Sambucus nigra* donde entre estos sustratos el T3 comprende al sustrato arena de río menciona que en lo concerniente al porcentaje de sobrevivencia el T3 sustrato arena de río obtuvo un 98% de sobrevivencia comparando con la presente investigación el T1 que corresponde a arena de río obtuvo un máximo de 67% de sobrevivencia superado por el T4 sustrato aserrín de cedro que obtuvo un 78% de sobrevivencia y con respecto al porcentaje de enraizamiento menciona que el T3 obtuvo un 96% de enraizamiento mientras que en esta investigación obtuvo un mayor porcentaje de enraizamiento el T4 con un 69% superando y el T1 obtuvo un 53% de enraizamiento.

Por otro lado Morales (2011) menciona en su investigación sobre la influencia del medio de enraíce en la propagación de *Sambucus peruviana* H.B.K. menciona que el brotamiento foliar se manifiesta para todos los tratamientos sin diferencia estadística; pero la formación de callos y raíces a los 60 días es mejor cuando el medio de enraíce es el aserrín, en la presente investigación se muestra al T4 que corresponde al sustrato aserrín de cedro como el mejor medio superando significativamente a los tratamientos T1 sustrato de arena, T2 sustrato cascarilla de arroz, T3 sustrato tamo de café y T5 sustrato mezcla homogénea (1:1:1:1) de aserrín, arena, cascarilla de arroz y tamo de café.

Leonela y Oniel (2010) en su investigación donde evaluó el efecto de 12 tipos de sustratos en la propagación de *Coffea arabica* donde tiene como T1 al sustrato arena de río. T3 tamo de café, T5 cascarilla de arroz y T7 aserrín. Menciona que el T1 indujo los mejores resultados en cuanto al porcentaje de días de emergencia con un 78%, el mismo que presentó un mayor prendimiento a los 70 días con un 54%; pero el T7 sustrato aserrín presentó una mejor longitud de raíces con un promedio de 9.49cm. En la presente investigación el T4 sustrato aserrín de cedro presentó un mejor promedio en la longitud de raíces alcanzando 15.7cm; así mismo, en lo que concierne a los días al brote el T1 sustrato arena de río obtuvo un menor tiempo en el prendimiento de los esquejes teniendo en promedio 27 días.

En el análisis del volumen radicular existe diferencia estadística entre los tratamientos donde el tratamiento T4 que corresponde al sustrato aserrín de cedro obtuvo mayor volumen radicular en promedio ( $4\text{cm}^3$ ). Abarca y Aguilar (2002) afirman que debido a la presencia de N en el aserrín permite un mejor desarrollo de raíces (pp.21-24). Perdomo, Barbazán y Durán (2019) mencionan que se ha demostrado que el crecimiento de las raíces no es aleatorio, sino que es guiado por mecanismos moleculares que detectan la presencia y disponibilidad de nitrato en el suelo (p.74). Por otro lado, Laura (2011) menciona que una de las funciones de los carbohidratos (pectina, lignina, celulosa, hemicelulosa) en algunas especies es el de producir un incremento en el número de raíces (p.73). A este tratamiento le sigue el T1 que corresponde al sustrato arena de río dicho tratamiento presenta un volumen de  $3\text{cm}^3$ , Ruiz (2013) menciona que se debe a su textura ya que permite una buena aireación y drenaje lo cual ayuda al desarrollo de las raíces pero no tiene un buen contenido de nutrientes, a continuación, le sigue el tratamiento T2 sustrato cascarilla de arroz, con un volumen de  $1\text{cm}^3$  el mismo que según Calderón y Cevallos (2002) no permite un buen desarrollo radicular debido a que durante el humedecimiento inicial de la cascarilla de arroz, los granos de arroz partido reaccionan con el agua, esto se hidrolizan, y sus almidones se van convirtiendo en azúcares como la glucosa, la cual a su vez se va fermentando, con la consecuente producción de alcohol y ácido carbónico, que son fitotóxicos por vía radicular y causan síntomas similares a los de la clorosis férrica (deficiencia de hierro) en las plantas (p.15).

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que el T4 compuesto por el sustrato aserrín de cedro presentó un mayor porcentaje de enraizamiento (69%) y número de raíces (5 raíces); seguido del T1 que corresponde al sustrato arena de río con un 53% de enraizamiento y 2 raíces en promedio; luego el T2 que corresponde al sustrato cascarilla de arroz con 28% de enraizamiento y 1 raíz en promedio; y posteriormente el T5 que corresponde a la mezcla homogénea de arena, aserrín, tamo de café y cascarilla de arroz con un 17% de enraizamiento y 1 raíz en promedio. El tratamiento que no presentó enraizamiento (0%) fue el T3 cuyo sustrato fue el tamo de café esto se debió a que entro en estado de descomposición pudriendo y quemando los esquejes de *Guadua angustifolia*.
- Se llegó a la conclusión que el tratamiento que obtuvo un mayor porcentaje de sobrevivencia fue el T4 que corresponde al sustrato aserrín de cedro obteniendo un 78% de sobrevivencia y el tratamiento que presento menor días al brote de *Guadua angustifolia* fue el T1 que tuvo como sustrato arena el mismo que obtuvo en promedio 27 días.

- Se determinó que como mejor tratamiento en lo que concierne a longitud de la raíz más larga y volumen radicular fue el T4 cuyo sustrato fue aserrín de cedro presentó un mejor desarrollo de raíces obteniendo una longitud en promedio de 15.7 cm y un volumen radicular de 4cm<sup>3</sup> lo cual es un buen índice de viabilidad ya que es el desarrollo radicular de las plantas lo que permite el desarrollo de las mismas debido a que las raíces son las que proporcionan nutrientes y sostén.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda compostar el tamo de café antes de su uso como sustrato ya que los resultados obtenidos muestran que no funciona como medio enraizante sin este procedimiento, debido a que éste entra en estado de descomposición y putrefacta ya sea a semillas o esquejes.
- Se sugiere enmarcar una nueva investigación usando como sustrato la combinación de arena y aserrín a distintas concentraciones ya que estos sustratos fueron los que dieron los mejores resultados lo que puede hacer que la combinación de éstos brinde un mejor enraizamiento, prendimiento y volumen radicular de esquejes de *Guadua angustifolia* u otra especie.
- Se aconseja utilizar la cascarilla de arroz en combinación con otro sustrato pero que ésta esté calcinada en un 60 a 80 por ciento ya que si se convierte en ceniza no es beneficioso sino perjudicial y si se usa en estado natural sus resultados como medio enraizante son bajos.
- Se recomienda a instituciones públicas y privadas llamémoslo a universidades, municipalidades, gobiernos regionales y provinciales entre otros desarrollar proyectos de reforestación con *Guadua angustifolia* ya que es una especie con un sin número de beneficios ambientales sociales y económicos; además, de un crecimiento rápido lo cual no es común en especies forestales lo que la hace una especie muy prodigiosa.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, S. y Aguilar R. (2002). *Producción de sustratos para viveros*. Recuperado de Producción de sustratos para viveros: <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros>.
- Añazco, M. y Rojas, S. (abril de 2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia Kunth*. Recuperado de <https://www.industrias.gob.ec/wpcontent/uploads/2017/06/GABAR-Cadena-Bambu-Ecuador>.
- Añazco, M. (2013, abril). Estudio de vulnerabilidad (*Guadua angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú. Unión Europea- Red Internacional del Bambú y Ratán. Recuperado de: [http://www.usmp.edu.pe/centro\\_bambu\\_peru/pdf/Estudio\\_de\\_vulnerabilidad\\_del\\_bambu](http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu).
- Arbeláez, A. (1996). Regeneración natural de la guadua (*Guadua angustifolia Kunth*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, p.65-81.
- Bohorquez, P. L., y Piedrahita, H. (1993). *Banco de propagación de Guadua por chusquines en la Granja Sixto Iriarte del municipio de Chaparral Tolima* (Tesis maestría). Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- Calderón, F. y Cevallos, F. (2002). *Los sustratos*. Recuperado de: Dr. Calderón Laboratorios Ltda: [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm)

- Castaña, F. (1982). Algunos aspectos sobre el cultivo y aprovechamiento de la Bambusa guadua en Colombia. *Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca*, p. 52.
- Córdova, A. (2008, Julio). Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008-2020. *Ministerio de Agricultura*. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu>.
- Cotrina, D. A. (2017). *Propagación vegetativa de ramas laterales y chusquines de Guadua angustifolia kunth. utilizando enraizante root – hoor en condiciones de vivero en amazonas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Perú.
- Daquinta, M., Gregori, A., Cid, M., Lezcano y Sagarra, F. (Abril - Junio de 2007). Formación de callos e inducción de brotes a partir de tejido intercalar de ramas de plantas adultas de Guadua angustifolia Kunth. *Biotecnología Vegetal*, 7(2), 119-122. Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/366/html>
- Díaz, Y., Mendoza, E., y Inga Sanllán, C. (2017, Julio). Manual Técnico Del Bambú (*Guadua Angusfolia* Kunth) Para Productores. *SERFOR*. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/09/Manual%20Tecnico%20de%20Bambu%20para%20Productores>.
- Franquis, F. y Infante, A. (2003). Perspectivas del bambú en america latina y en venezuela. *Instituto Forestal Latinoamericano*, 33, 1-10. Recuperado de: <http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/ifla/v18n33/articulo2>.

- Gallardo, J., Freire, M., León, J., García, Y., Pérez, S. y Gonzales, M. (2008). Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación. *Cultivos Tropicales*, 29,17-22. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/88f0/2a69cd52cceb061aad17ccb54540053a8a02>.
- Gil, y Rodriguez, E. (2001). Física Re-Creativa. *Ciencia red creativa*. Recuperado de <http://www.cienciaredcreativa.org/guias/densidad>.
- Gonzales, E. (2018, agosto, 02gosto de 2018). Bambú para la Ciencia, Innovación y Tecnología. *BAMBU CYT*,(2), 40. Recuperado de: [http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/SEGUNDA\\_EDICION\\_REVISTA\\_BAMBU CYT](http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/SEGUNDA_EDICION_REVISTA_BAMBU CYT).
- Gutiérrez, L. (julio de 2017). Instalación Sostenible del Bambú en el Alto y Bajo Imaza (Río Utcubamba), Provincia de Bongará, Región Amazonas. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/09/Manual%20Tecnico%20de%20Bambu%20para%20Productores>.
- Kibwage, J. K. (2008). Structure and performance of formal retailmarket for bamboo products in Kenya. *Scientific Research and Essay*, p. 229-239.
- Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M. E., Vargas, J., Santos, G., y Santos, U. I. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. *Ra Ximhai*. p. 205-2018.
- Laura, N. P. (2014). *Efecto de seis sustratos en el enraizamiento de esquejes de sauco (Sambucus nigra) en ambiente protegido* (Tesis de grado). Universida Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

- Laura, M. I. (2011). *"Enraizado de estacas de sachá inchi (piukenetia volubilis L.) en seis tipos de sustrato con aplicación de ácido indolbutírico"* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Selva, Perú.
- Leonela, W. y Oniel, M. (2010). *Producción Vegetal*. Catamas. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=RGaCGRor2EsC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=tesis+donde+se+utiliza+a+la+cascarilla+de+arroz,+arena,aserrin+como+sustrato&source=bl&ots=kYwDiHZiCY&sig=ACfU3U1x7yMS728hfH9anZQg9LSQbkEVw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj67cKBv6bmAhXGJrkG>
- Londoño, P.X. (agosto de 2002). *Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Londoño, J. J. (1994). *Ensayo de propagación de Guadua angustifolia Kunth por el método de yemas nodales de chusquin. Palmira-Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Londoño, X. (1989). Físicas y Naturales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, p. 65.
- Londoño, X. (2004). La subtribu Guaduinae de América. *PERUBAMBÚ*, p. 76-83.
- Manzur, D. (1988). Propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* Kunth. *D. Manzur Nacías, Agronomía*, p. 14-19.
- Ministerio de Agricultura. (2008). *Plan Nacional de Promoción del bambú*. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu>.

- Morales, M. (2011). *Influencia del medio de enraice, edad de estaca y usos de un bioestimulante en la propagación vegetativa del sauco (Sambucus peruviana H.B.K.), distrito de quinua - Huamanga – Ayacucho* (Tesis de pregrado). Recuperado de: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1916/TESIS%20AG917\\_Mor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1916/TESIS%20AG917_Mor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Perdomo, Barbazán y Durán. (2019). Formas Químicas de Absorción del Nitrógeno. *INTAGRI*, 74. Recuperado de: <file:///C:/Users/client/Downloads/72.%20Formas%20Quimicas%20de%20Absorcion%20del%20Nitrogeno>.
- Piedrahita G, R., y Rueda R., H. (1990). Propagación vegetativa de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) por riendas laterales bajo efectos de invernadero. *Universidad del Quindío*, p.87.
- Ruiz, J. G. (2013). *Generación de banco de propagación de bambú – guadua en zonas áridas de la costa peruana regado con distintos tipos de agua* (Tesis de master). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Sánchez T., S. (septiembre de 2012). *ZEE Cajamarca*. Recuperado de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/ZonasVidasZEESegunMapaNacional>.
- SERFOR. (2018). *Manual Técnico de la caña guayaquil (Guadua angustifolia)*. Recuperado de <file:///C:/Users/Dell/Downloads/LINEAS-MANUAL-TECNICO-CA%C3%91A-DE-GUAYAQUIL>.
- Tovar, O. (1993). *Las Gramíneas ( Poaceae ) del Perú*. Madrid. *RUIZIA*. Recuperado de <http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Ruizia13>.

Valencia, J. J. (2014). Propagación por esquejes herbáceos de jigacho (*Vasconcella stipulata* V. Badillo) (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Valenzuela V., G. (1983). Pronophyla Thelebe Doubleday & Hewitson. En G. Valenzuela V. *Entomología*, p. 15-29.

Velez, S. (2017). El bambu colombiano. *Cooperación Regional de Quindio*. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81).

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a DIOS por no soltarme de sus santas manos, por el éxito de esta investigación, por la salud y por no dejarme caer en las adversidades de la vida y obsequiarme el don de la sabiduría para poder enmarcar mi vida hacía el horizonte del éxito venciendo retos y obstáculos que la vida presenta.

A mi madre Rina F. Arteaga vela; mis abuelitos Teresa Jesús Vela Espinoza y Julio Custodio Arteaga Segura; a los señores Violeta y Segundo y a mi novia Judith Lisbeth Taboada Pérez por sus consejos, y apoyo en el desarrollo de este proyecto que me permitirá continuar con mi vida profesional enmarcándome hacía el camino del éxito

**KEVIN JHOEL MONTENEGRO ARTEAGA**

## AGRADECIMIENTO

A mis docentes a quienes les debo mis conocimientos que me ayudarán a desempeñarme profesionalmente. A mi alma mater me refiero a esta prestigiosa universidad donde compartí muchos momentos y adquirí conocimientos.

Quiero agradecer especialmente al Dr. Santos Clemente Herrera Díaz por su asesoría y a mi jurado de tesis al Dr. Alexander Huamán Mera, M.Sc. Lizbeth Córdova Rojas, Mg. James Tirado Lara y Dr. Segundo Sánchez Tello; por su dedicación y confianza, quienes, con su conocimiento y experiencias, han contribuido para poder concluir mi proyecto de tesis. Así mismo al Mg. Henry Fernández Cubas por la donación de los esquejes de *Guadua angustifolia* **Kunth**

## **ANEXOS**

Anexo 1. Fichas de toma de datos.

Ficha 1. Ficha de toma de datos del mes de septiembre

SEPTIEMBRE		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	T
arena	R1	S																			1	2	1		1	1	3			2	11
	R2	S																												2	2
	R3	S																1					1		5					2	9
aserrin	R1	S																				1	1							1	3
	R2	S																		1										2	3
	R3	S																	1	1					1		1				4
cascarilla de arroz	R1	S																				2	1		1		1			1	6
	R2	S																							1						1
	R3	S																													0
tamo de café	R1	S																													0
	R2	S																													0
	R3	S																													0
mezcla homogénea	R1	S																								1	1				2
	R2	S																													0
	R3	S																													0

S representa el día de siembra y T el total de esquejes prendidos en el mes.

Ficha 2. Ficha de toma de datos del mes de octubre.

OCTUBRE		S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	T	
arena	R1	11																																11	
	R2	2		1																															3
	R3	9						1																											10
aserrin	R1	3				1	1	1				1											1												8
	R2	3		1		1	1			1					1		1				1	1			1	1		1						14	
	R3	4											1	1																					6
ascarilla de arroz	R1	6													1							1					1				1			10	
	R2	1																											1					2	
	R3	0										1																							1
tamo de café	R1	0																																	0
	R2	0																																	0
	R3	0																																	0
mezcla homogénea	R1	2																							1				2					5	
	R2	0																				1													1
	R3	0																																	0

S representa el total del mes de septiembre y T el total de esquejes prendidos en el mes de septiembre y octubre.

**Ficha 3.** Ficha de evaluación de raíces por esqueje de los diferentes tratamientos

<b>N° DE ESQUEJE</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T5</b>
1	0	2	5	1	1
2	0	2	2	8	3
3	0	4	3	9	1
4	0	6	2	1	3
5	0	4	2	8	2
6	0	3	7	1	0
7	0	4	3	10	0
8	0	0	5	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	4	5	1	3
14	0	4	3	3	0
15	0	0	3	4	0
16	0	0	8	0	0
17	0	0	3	0	0
18	0	0	8	0	0
19	0	0	7	0	0
20	0	0	5	0	0
21	0	0	7	0	0
22	0	0	4	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
25	0	2	5	1	0
26	0	0	3	1	0
27	0	0	3	1	0
28	0	0	4	1	0
29	0	0	5	1	0
30	0	0	3	4	0
31	0	0	5	4	0
32	0	0	0	3	0
33	0	0	0	2	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

**Ficha 4.** Ficha de evaluación de longitud de la raíz más larga por esqueje.

<b>N° ESQUEJE</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T5</b>
1	0	18	14	2	20
2	0	13.4	16	13	10
3	0	7.5	14	20	3
4	0	13	5	1	28
5	0	8.5	14	25	5
6	0	24	20	2	0
7	0	17	35	18	0
8	0	0	33	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	25	24	9	14.5
14	0	16	5	8	0
15	0	0	15	5	0
16	0	0	29	0	0
17	0	0	43	0	0
18	0	0	54	0	0
19	0	0	45	0	0
20	0	0	49	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
25	0	5.6	45	3	0
26	0	0	5.4	3	0
27	0	0	10.5	3	0
28	0	0	51.2	8	0
29	0	0	16	3	0
30	0	0	11.8	13	0
31	0	0	0	21	0
32	0	0	0	17	0
33	0	0	0	22	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

**Ficha 5.** Ficha de evaluación de días al brote de los esquejes de los diferentes tratamientos.

<b>N° ESQUEJE</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T5</b>
1	60	22	23	21	26
2	60	22	30	22	27
3	60	23	34	22	53
4	60	25	35	23	58
5	60	27	36	25	58
6	60	30	40	26	60
7	60	44	40	27	60
8	60	60	41	60	60
9	60	60	60	60	60
10	60	60	60	60	60
11	60	60	60	60	60
12	60	60	60	60	60
13	60	49	30	30	49
14	60	55	30	30	60
15	60	60	32	32	60
16	60	60	34	60	60
17	60	60	35	60	60
18	60	60	38	60	60
19	60	60	44	60	60
20	60	60	46	60	60
21	60	60	60	60	60
22	60	60	60	60	60
23	60	60	60	60	60
24	60	60	60	60	60
25	60	60	20	18	60
26	60	15	25	23	60
27	60	60	27	25	60
28	60	60	41	25	60
29	60	60	49	25	60
30	60	60	53	25	60
31	60	60	60	25	60
32	60	60	60	30	60
33	60	60	60	30	60
34	60	60	60	60	60
35	60	60	60	60	60
36	60	60	60	60	60

**Ficha 6.** Ficha de evaluación del volumen radicular de los brotes de los esquejes.

<b>N° ESQUEJE</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T5</b>
1	0	3	4	1	2
2	0	4	5	8	3
3	0	4	3	12	1
4	0	5	2	1	4
5	0	5	2	10	2
6	0	2	3	1	0
7	0	3	5	8	0
8	0	0	4	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	5	1	1	2
14	0	4	0.5	2	0
15	0	0	2	1	0
16	0	0	8	0	0
17	0	0	6	0	0
18	0	0	7	0	0
19	0	0	3	0	0
20	0	0	4	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
25	0	1	12	1	0
26	0	0	2	1	0
27	0	0	5	1	0
28	0	0	16	2	0
29	0	0	4	3	0
30	0	0	10	8	0
31	0	0	0	6	0
32	0	0	0	2	0
33	0	0	0	1	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

**Anexo 2. Resumen sobre las principales propiedades físicas de los sustratos**

**Tabla 20.** Propiedades físicas de los diferentes tratamientos.

<b>Sustrato</b>	<b>Tamaño de grano mm.</b>	<b>Densidad aparente; kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Porosidad Total; % vol.</b>	<b>Capacidad de Aire</b>	<b>Agua Fácilmente Disponible AFD % vol.</b>	<b>Agua de Reserva; AR; % vol.</b>	<b>Agua Difícilmente Disponible; ADD; % vol.</b>	<b>Capilaridad</b>
Arena de Rio	0.5 - 2.0	1.4 -1.60	38-42	5-20	15-35	1-2	0.1-0.5	Buena
Aserrín	4 - 6	0.3	75-90	10-20	20-30	5-10	2-5	Mala
Cascarilla de arroz	3 - 6	0.12	85-95	40-60	5-15	1-5	0.5	Mala
Tamo de Café	5 - 8	0.15	70-80	40-50	20-30	5-10	2-5	Mala

Fuente Calderón y Cevallos (2002)

**Anexo 3. Panel fotográfico de limpieza, hoyado, cercado del terreno.**



**Fotografía 1.** Limpieza del terreno



**Fotografía 2.** Hoyación del perímetro del terreno



**Fotografía 3.** Instalación de postes en el perímetro del terreno

#### Anexo 4. Panel fotográfico de instalación de camas de germinación



**Fotografía 4.** Armado de los cajones de las camas de germinación



**Fotografía 5.** Instauración de los sustratos en las camas de germinación

**Anexo 5. Recolección de esquejes de *Guadua angustifolia* Kunth**



**Fotografía 6.** Guadual de donde se obtuvieron algunos esquejes



**Fotografía 7.** Derribado de las cañas de bambú



**Fotografía 8.** Medición para cortar los esquejes



**Fotografía 9.** Esquejes cicatrizados con parafina

**Anexo 6. Siembra de los esquejes en las camas de germinación.**



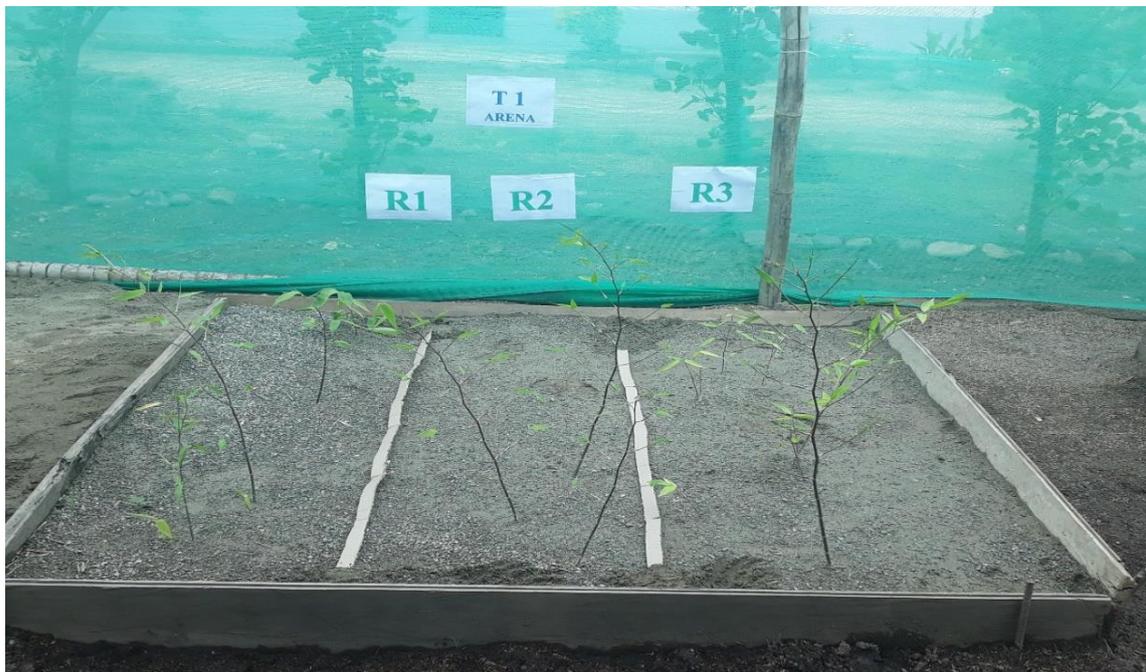
**Fotografía 10.** Esquejes sembrados en el T5

**Anexo 7. Riego de las camas de propagación.**



**Fotografía 11. Riego del T2**

**Anexo 8. Plántulas de *Guadua angustifolia* en los diferentes tratamientos**



**Fotografía 12. Plántulas del T1**



**Fotografía 13. Plántulas del T2**



**Fotografía 14.** Plántulas del T3



**Fotografía 15.** Plántulas del T4



**Fotografía 16.** Plántulas del T5



**Fotografía 17.** Foto panorámica de todos los tratamientos

**Anexo 9. Extracción de los esquejes para evaluar longitud y volumen.**



**Fotografía 18.** Esquejes del T3



**Fotografía 19.** Esqueje en el T4

## Anexo 10. Medición de longitud de raíces



**Fotografía 20.** Medición de longitud de la raíz más larga en el T4



**Fotografía 21.** Medición con vernier de la raíz más larga del T2

**Anexo 11. Medición del volumen de las raíces.**



**Fotografía 22.** Tarado de la balanza



**Fotografía 23.** Medición del volumen de las plántulas.