



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

PROPAGACIÓN POR SEGMENTOS VEGETATIVOS DE *Guadua angustifolia* CON DIFERENTES SUSTRATOS, DOSIS DE ÁCIDO NAFTALENACÉTICO Y NIVELES DE SOMBRA, EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: ADRIÁN RODRIGO VARGAS ASTUDILLO

DIRECTOR: Ing. DANIEL DAVID ESPINOZA CASTILLO MSc.

El Coca – Ecuador

2022

©2022, Adrián Rodrigo Vargas Astudillo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ADRIÁN RODRIGO VARGAS ASTUDILLO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 29 de noviembre del 2022



Adrián Rodrigo Vargas Astudillo

225018860-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que; el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **PROPAGACIÓN POR SEGMENTOS VEGETATIVOS DE *Guadua angustifolia* EN DIFERENTES SUSTRATOS, DOSIS DE ÁCIDO NAFTALENACÉTICO Y NIVELES DE SOMBRA, EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS**, realizado por el señor: **ADRIÁN RODRIGO VARGAS ASTUDILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pedro Andrés Peñafiel Arcos MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-11-29
Ing. Daniel David Espinoza Castillo MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-11-29
Ing. Hugo Rolando Sánchez Quispe MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-11-29

DEDICATORIA

A Dios, por siempre estar a mi lado todos los días y guiarme para cumplir el sueño que tanto he anhelado. A mis padres Manuel Jesús Vargas Castro y Carlota Cecilia Astudillo Merchán, por su apoyo incondicional, consejos, valores y principios que me formaron para ser una persona de bien y enfrentarme a las adversidades de la vida. A mis hermanos Miguel y Maritza por motivarme a seguir adelante y no rendirme. A mis compañeros que a la vez les considero amigos que me brindaron su apoyo y empuje para cumplir esta meta. A todos mis profesores por sus conocimientos impartidos para mi formación profesional.

Adrián

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, por haberme brindado la vida, salud y fortaleza para culminar unas de las etapas más importantes de mi vida. A mi madre por ser mi mejor amiga, escucharme y depositar toda su confianza en mí, por brindarme su cariño, consejos y su apoyo constante que me dieron fuerzas para cumplir mi objetivo. A mi padre por su ejemplo de lucha, sacrificio y por sus enseñanzas de vida que me han servido para no tropezar en el trayecto del camino y alcanzar la meta propuesta. A mis hermanos por su confianza y aliento que me motivaron a seguir adelante.

Mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formarme como Ingeniero Agrónomo. A todos mis profesores por su dedicación, tiempo, paciencia y conocimientos que me brindaron durante todo el trayecto de mi carrera universitaria para mi formación profesional. A mi director de tesis, Ing. Daniel Espinoza y asesor Ing. Hugo Sánchez por la orientación y apoyo durante todo el transcurso en la realización de mi trabajo de titulación.

Agradecer a la Estación Experimental Central de la Amazonía – INIAP por la acogida y permitirme realizar mi trabajo de tesis, especialmente al Programa de Forestería dirigido por el Ing. Leider Tinoco conjuntamente con el Ing. Fernando Paredes a quienes agradezco por su asesoramiento, paciencia, apoyo, dedicación y tiempo para llevar a cabo mi proyecto de tesis, de igual manera agradecer a todo el personal del programa quienes me brindaron su ayuda en el trascurso del trabajo y al Fondo De Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA) por acompañamiento técnico y económico durante el desarrollo del trabajo.

A mis compañeros quienes me brindaron su amistad y me regalaron momentos únicos que siempre los llevare en el corazón. A toda mi familia y a todas las personas que fueron partícipes en este proceso, ya sea de manera directa e indirecta, que me impulsaron para el logro de mis objetivos.

Adrián

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.	Justificación	4
1.4.	Objetivos	5
1.4.1.	<i>Objetivo General</i>	5
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	5
1.5.	Hipótesis.....	5
1.5.1.	<i>Hipótesis nula (H0)</i>	5
1.5.2.	<i>Hipótesis alterna (H1)</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	6
2.2.	Referencias teóricas	7
2.2.1.	<i>Origen del bambú</i>	7
2.2.2.	<i>Aspectos generales de la guadua</i>	8
2.2.2.1.	<i>Taxonomía</i>	9
2.2.2.2.	<i>Genero guadua</i>	9
2.2.2.3.	<i>Morfología de la guadua</i>	10
2.2.2.4.	<i>Ciclo de vida de la Guadua angustifolia</i>	11
2.2.2.5.	<i>Distribución</i>	11
2.2.3.	<i>Factores edafoclimáticos</i>	12
2.2.3.1.	<i>Factores climáticos</i>	12

2.2.3.2.	<i>Factores edáficos</i>	12
2.2.4.	Métodos de propagación	13
2.2.4.1.	<i>Reproducción sexual</i>	13
2.2.4.2.	<i>Reproducción asexual</i>	13
2.2.4.3.	<i>Propagación por rizoma o caimanes</i>	13
2.2.4.4.	<i>Propagación por tallos enterrados en forma horizontal</i>	14
2.2.4.5.	<i>Propagación por chusquines</i>	14
2.2.4.6.	<i>Propagación por esquejes de riendas laterales o ramas basales</i>	14
2.2.5.	Plagas y Enfermedades	14
2.2.5.1.	<i>Plagas</i>	14
2.2.5.2.	<i>Enfermedades</i>	15
2.2.6.	<i>Usos de la caña guadua</i>	15
2.2.7.	Importancia de la guadua angustifolia a nivel económico, social, y ambiental	16
2.2.7.1.	<i>Nivel económico</i>	16
2.2.7.2.	<i>Nivel social</i>	16
2.2.7.3.	<i>Ambiental</i>	16
2.2.8.	Características de los Enraizantes	16
2.2.8.1.	<i>Ácido naftalenacético</i>	17
2.2.9.	Sustrato	17
2.2.9.1.	<i>Tipo de sustrato</i>	18
2.2.10.	Sombra	18
2.2.11.	Método de Taguchi	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Ubicación del estudio	21
3.1.1.	<i>Ubicación Geográfica</i>	21
3.1.2.	<i>Características climáticas</i>	22
3.1.3.	<i>Coordenadas de ubicación del sitio experimental</i>	22
3.2.	Materiales	22
3.2.1.	<i>Herramientas</i>	22
3.2.2.	<i>Insumos</i>	22
3.2.3.	<i>Materiales de oficina</i>	23
3.3.	Diseño de la investigación	23
3.3.1.	<i>Enfoque</i>	23
3.4.	Métodos	23

3.4.1.	Factores de estudio	23
3.4.1.1.	<i>Factor A. Segmentos vegetativos</i>	23
3.4.1.2.	<i>Factor B. Tipos de sustratos</i>	23
3.4.1.3.	<i>Factor C. Dosis de ácido naftalenacético</i>	23
3.4.1.4.	<i>Factor D. Niveles de sombra</i>	24
3.4.2.	VARIABLES DE ESTUDIO	24
3.4.2.1.	<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	24
3.4.2.2.	<i>VARIABLES DEPENDIENTES</i>	24
3.4.3.	DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL	24
3.4.3.1.	<i>DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS</i>	25
3.4.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
3.4.4.1.	<i>ANÁLISIS DE VARIANZA</i>	27
3.4.5.	MÉTODO TAGUCHI: ANÁLISIS REGULAR	27
3.4.6.	CROQUIS DEL ESTUDIO	28
3.4.6.1.	<i>Campo de ensayo experimental</i>	28
3.4.6.2.	<i>Unidad experimental</i>	28
3.4.7.	TÉCNICAS DEL EXPERIMENTO	29
3.4.7.1.	<i>Preparación del sustrato</i>	29
3.4.7.2.	<i>Enfundado</i>	29
3.4.7.3.	<i>Acondicionamiento de sombra en el vivero</i>	29
3.4.7.4.	<i>Recolección de material vegetativo</i>	29
3.4.7.5.	<i>Sumersión de esquejes en enraizante (Ácido Naftalenacético)</i>	30
3.4.7.6.	<i>Siembra</i>	30
3.4.7.7.	<i>Riego</i>	30
3.4.7.8.	<i>Aplicación bioestimulante y fungicidas</i>	30
3.4.8.	EVALUACIÓN DE VARIABLES	31
3.4.8.1.	<i>Prendimiento</i>	31
3.4.8.2.	<i>Numero de brotes</i>	31
3.4.8.3.	<i>Diámetro de brotes</i>	31
3.4.8.4.	<i>Longitud de brotes</i>	31

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO	32
4.1.	Porcentaje de prendimiento de <i>Guadua angustifolia</i>	32
4.1.1.	<i>Análisis Varianza</i>	32
4.1.2.	<i>Análisis regular Taguchi</i>	33

4.2.	Número de brotes	34
4.2.1.	<i>Análisis varianza</i>	34
4.2.2.	<i>Análisis regular Taguchi</i>	34
4.3.	Longitud de brotes de <i>Guadua angustifolia</i>	35
4.3.1.	<i>Análisis Varianza</i>	35
4.3.2.	<i>Análisis regular Taguchi</i>	36
4.4.	Diámetro de brotes	37
4.4.1.	<i>Análisis de varianza</i>	37
4.4.2.	<i>Análisis regular Taguchi</i>	38
CONCLUSIONES		40
RECOMENDACIONES		41
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía de la Guadua.....	9
Tabla 2-2:	Condiciones climáticas para el crecimiento de la guadua	12
Tabla 3-2:	Usos de la <i>Guadua angustifolia</i>	15
Tabla 4-2:	Arreglo ortogonal L4 fraccionado para 3 factores.....	20
Tabla 5-2:	Arreglo ortogonal L8 fraccionado para 7 factores.....	20
Tabla 6-2:	Arreglo ortogonal L9 fraccionado para 4 factores.....	20
Tabla 1-3:	Características climáticas del cantón Joya de los Sachas	22
Tabla 2-3:	Coordenadas estación experimental	22
Tabla 3-3:	Características de unidades experimentales.....	24
Tabla 4-3:	Diseño de los tratamientos.....	25
Tabla 5-3:	Factores y niveles de estudio.....	25
Tabla 6-3:	Tratamientos de estudio.....	26

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Partes de la guadua.....	10
Ilustración 2-2:	Estados de madurez de la <i>Guadua angustifolia</i>	11
Ilustración 3-2:	Distribución geográfica del bosque de bambú	12
Ilustración 1-3:	Mapa de ubicación del área de estudio en la Provincia de Orellana	21
Ilustración 2-3:	Croquis del campo de ensayo.....	28
Ilustración 3-3:	Croquis unidad experimental	28
Ilustración 1-4:	Porcentaje de prendimiento.....	32
Ilustración 2-4:	Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de porcentaje de prendimiento	33
Ilustración 3-4:	Promedio de número de brotes.....	34
Ilustración 4-4:	Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de numero de brotes	35
Ilustración 5-4:	Longitud de los brotes de guadua.....	36
Ilustración 6-4:	Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles en el crecimiento de brotes de guadua	37
Ilustración 7-4:	Diámetro de brotes de guadua.....	38
Ilustración 8-4:	Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de diámetro de brotes	39

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE SUSTRATO
- ANEXO B:** PREPARACIÓN DEL SUSTRATO
- ANEXO C:** ENFUNDADO DEL SUSTRATO Y UBICACIÓN DE LAS FUNDAS
- ANEXO D:** ACONDICIONAMIENTO DE SOMBRA CON MALLA SARÁN
- ANEXO E:** RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETATIVO DE *Guadua angustifolia*
- ANEXO F:** SEGMENTOS VEGETATIVOS
- ANEXO G:** SUMERSIÓN DE ESQUEJES EN ÁCIDO NAFTALENACÉTICO
- ANEXO H:** SIEMBRA DE SEGMENTOS VEGETATIVOS DE GUADUA
- ANEXO I:** GERMINACIÓN DE BROTES DE GUADUA
- ANEXO J:** RECOLECCIÓN DE DATOS
- ANEXO K:** CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE TALLOS
- ANEXO L:** CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE RAMAS PRIMARIAS
- ANEXO M:** CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE RAMAS SECUNDARIAS
- ANEXO N:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO
- ANEXO O:** PRUEBA DE TUKEY AL 5%
- ANEXO P:** PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LOS SEGMENTOS VEGETATIVOS DE *Guadua angustifolia*
- ANEXO Q:** TABLA RESPUESTA DE LOS EFECTOS DE LOS FACTORES Y NIVELES DE PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO
- ANEXO R:** ANÁLISIS VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE BROTES
- ANEXO S:** PRUEBA DE TUKEY AL 5%
- ANEXO T:** NÚMERO DE BROTES
- ANEXO U:** TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN EL NÚMERO DE BROTES
- ANEXO V:** PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA LONGITUD DE BROTES
- ANEXO W:** ANÁLISIS DE MEDIAS EN KRUSKAL WALLIS
- ANEXO X:** LONGITUD DE BROTES DE ESQUEJES DE GUADUA
- ANEXO Y:** TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN LA LONGITUD DE BROTES
- ANEXO Z:** PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA EL DIÁMETRO DE BROTES
- ANEXO AA:** ANÁLISIS DE MEDIA EN KRUSKAL WALLIS
- ANEXO BB:** PROMEDIO DE DIÁMETRO DE BROTES
- ANEXO CC:** TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN EL DIÁMETRO DE BROTES

RESUMEN

El presente trabajo experimental consistió en la propagación por segmentos vegetativos de *Guadua angustifolia* mediante diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra, en el cantón la Joya de los Sachas, Orellana. La investigación se sustentó en un experimento cuantitativo con alcance correlacional asociado entre factores y niveles, basándose en el “Método de Taguchi”, para la formación de tratamientos, donde los factores fueron: segmentos vegetativos (A), tipos de sustratos (B), dosis de ácido naftalenacético (C) y niveles de sombra (D). La población utilizada fue de 675 esquejes de *Guadua angustifolia*, empleando 9 tratamientos con 3 repeticiones. Al formar los tratamientos se enfundaron los debidos sustratos, aplicando las dosis de ácido a los segmentos vegetativos y sembrándolos hasta el primer nudo con una inclinación de 45 grados. Las variables estudiadas fueron el porcentaje de prendimiento de brotes a los 60 días del inicio del ensayo; número de brotes a los 15 días de la siembra con intervalos de 10 días hasta el final del ensayo; longitud y diámetro de los brotes cada 10 días durante dos meses. Para el análisis estadístico se creó una tabla de respuestas y se analizó mediante el método Taguchi para determinar la mejor combinación de factores y niveles. Los tratamientos de esquejes de tallo lograron mayor prendimiento, destacando el tratamiento 8 con 66,67 % a los 60 días, mientras que el tratamiento 6 logró mayor emisión de brotes con un promedio de cuatro brotes y para mayor crecimiento la combinación (A3B1C3D2) obteniendo; longitud 248,05 mm y diámetro 12,60 mm. En conclusión, los segmentos vegetativos de tallos (A3) obtuvo mayor éxito en prendimiento y crecimiento en los tratamientos aplicados. Se recomienda estudiar la nueva combinación proyectada de Taguchi (A3B3C1D3) en posteriores ensayos para mayor porcentaje de prendimiento.

Palabras clave: <BAMBÚ>, <GUADUA (*Guadua angustifolia*)>, <SEGMENTOS VEGETATIVOS>, <PROPAGACIÓN VEGETATIVA>, <MÉTODO TAGUCHI>, <ÁCIDO NAFTALENACÉTICO>, <EMISIÓN DE BROTES>.

Leonardo Medina.
04-01-2023.



2488-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present experimental work consisted in the vegetative propagation segments of *Guadua angustifolia* through of different substrates, doses of naphthaleneacetic acid and shade levels, in Joya of Sacha, Orellana. The research was based on a quantitative experiment with correlational scope associated between factors and levels, based on the "Taguchi Method", for the formation of treatments, where the factors were: vegetative segments (A), types of substrates (B), doses of naphthaleneacetic acid (C) and shade levels (D). The population used was 675 *Guadua angustifolia* cuttings, using 9 treatments with 3 replications. When the treatments were formed, the appropriate substrates were sheathed, applying the acid doses to the vegetative segments and planting them up to the first node at an inclination of 45 degrees. The variables studied were the percentage of bud set 60 days after the beginning of rehearsal; number of buds 15 days after sowing with 10-day intervals until the end of phase; length and diameter of the buds every 10 days for two months. For statistical analysis, a response table was created and analyzed using the Taguchi method to determine the best combination of factors and levels. The treatments of stem cuttings achieved a higher yield, highlighting treatment 8 with 66.67 % at 60 days, while treatment 6 achieved higher shoot emission with an average of four shoots and for higher growth the combination (A3B1C3D2) obtaining; length 248.05 mm and diameter 12.60 mm. In conclusion, the vegetative segments of stems (A3) obtained greater success in shoot emergence and growth in the treatments applied. It is recommended to study the new projected combination of Taguchi (A3B3C1D3) in subsequent rehearsals for higher percentage of yield.

Key words: <BAMBOO>, <GUADUA (*Guadua angustifolia*)>, <VEGETATIVE SEGMENT>, <VEGETATIVE PROPAGATION>, <TAGUCHI METHOD>, <NAFTHALENACETIC ACID>, <BROT EMISSION>.

Translated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs.

DOCENTE-ENGLISH ESPOCH

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se encuentran cerca de 1 250 especies de bambú; 63% en Asia, 32% en América y 5% en África y Oceanía. En América se encuentran 440 especies de bambú, entre ellas se destaca el género *Guadua* que comprende 16 especies aproximadamente, resaltando *Guadua angustifolia* (Ticona y Mamani, 2019, p. 17).

Actualmente China tiene una extensión de 4,5 millones de hectáreas cultivadas de bambú, convirtiéndose en líder en la exportación de productos a base de bambú. China ofrece un numeroso mercado de productos elaborados a base de bambú, tales como: laminados para pisos y techos, prendas de vestir, bebidas e incluso los rebrotes lo utilizan para la alimentación (Acosta et al., 2021, p. 14).

En América latina, países como: Brasil, México, Perú, Colombia, Venezuela y Ecuador, poseen una gran diversidad de especies de bambú. Además, otros países han iniciado con el cultivo de bambú debido al potencial que ofrece en un sin número de aplicaciones y usos (Balseca et al., 2017, pp. 581-582).

Las especies de bambú son conocidas como el “acero vegetal”, debido a sus buenas propiedades mecánicas, alta resistencia a la tracción y compresión (Céspedes et al. 2020, p. 98). Además, brinda diversas bondades de sostenibilidad ambiental, como la captura de CO₂ (dióxido de carbono), rehabilitación de suelos contaminados, protección de fuentes hídricas y erosión del suelo (Acosta et al., 2021, p. 55).

La *guadua* puede reproducirse mediante el método sexual, a partir de semillas. Sin embargo, la propagación por semilla no es un método efectivo, por las extensas ocasiones de florecimiento esporádica, es decir solo algunas plantas de la misma mancha florecen en periodos irregulares que usualmente coinciden con las épocas de lluvia (García et al., 2011, p. 134). La reproducción de *guadua* por semilla, con fines económicos o de reforestación, no es viable debido a su difícil obtención, crecimiento lento y a su bajo vigor inicial (Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca, 2005; citado en Acosta et al., 2021, p. 78). Por otra parte la propagación asexual es el método más utilizado para la reproducción de *guadua*, se emplean partes vegetativas como rizomas, secciones de tallos, ramas, acodos, chusquines (plántulas) y micropropagación (Añazco y Rojas, 2015a, p. 63).

En Ecuador, la *guadua* (*Guadua angustifolia* kunt) es considerada como uno de los patrimonios más importantes y se encuentran distribuidas en las regiones Costa (66.5%), Sierra (10%) y Amazonia (23,5%). A nivel internacional la *guadua* ecuatoriana es apreciada como una de las más formidables cañas del mundo gracias a sus propiedades físicas y mecánicas (Balseca et al., 2017, pp. 581-582). La *guadua* a representado una gran relevancia a lo largo de la historia, cultura, economía y medio ambiente. Es la principal materia prima de más de 300.000 viviendas sociales, sobre todo en la Costa ecuatoriana, y ambientalmente ayuda a proteger las cuencas hidrográficas, el suelo y la biodiversidad (Añazco y Rojas, 2015b, p. 7).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El bambú es conocido como una de las gramíneas más grandes del mundo. Dentro de ésta gran familia se encuentra la sub-familias Bambusoideas, abarcando bambúes herbáceos y bambúes leñosos, siendo éstos últimos los que se caracterizan por poseer cañas lignificadas de mediano y gran tamaño (García, 2020, p. 3). En Ecuador la guadua ha sido empleada desde hace tiempo atrás por los primeros habitantes del país, y en la actualidad se sigue utilizando. Es apreciada por ser una especie nativa de gran importancia en toda la región ecuatoriana. Su contribución al desarrollo cultural y económico del país es muy valiosa, siendo uno de los recursos naturales renovables con que se cuenta (Aucapiña y Montoya, 2011, pp. 10-11).

En vista de las ventajas que ofrece la guadua se han realizado estudios acerca de la reproducción a través de la propagación asexual, con el fin de buscar un método eficiente para realizar una propagación masiva.

Ardiles (2019, pp. 27-83), realizó la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), desarrollada en la Convención del Departamento del Cusco, Perú. Con el objetivo de evaluar el mejor sustrato y determinar el método de propagación más idóneo. Utilizando bloques completamente al azar (BCA) con un arreglo de seis tipos de sustratos y dos tipos de esquejes, con 3 repeticiones. Presentando, los mejores resultados el T10 (esqueje de tallo en suelo agrícola + compost de aserrín) y T8 (esqueje de tallo en compost de aserrín) indicando resultados positivos en las variables valuadas como; altura de brote, diámetro de brote, número de entrenudos, número de plantas prendidas y porcentaje de mortalidad, a los 90 días de siembra.

Ramírez (2019, pp. 73-74), planteo la Propagación clonal de *Guadua angustifolia* Kunth desarrollada en Perú “Tingo María” busco determinar el efecto y dosis de ácido indolbutírico (AIB), utilizando esquejes de ramas a nivel; basal, medio y apical. Manejando un diseño factorial al azar (DCA) 3A x 3B, con nueve tratamientos y cinco repeticiones. Presentando que el mejor resultado fue el de ramas medio y basal con dosis de 1 mg/L y 2 mg/L de AIB, que dieron mejores condiciones de desarrollo ante las variables evaluadas; número y longitud de brotes, número de hojas y sobrevivencia de brotes de yemas, evaluados en un lapso de 90 días.

Horna (2021 pp. 8-33), desarrolló la propagación de *Guadua angustifolia* Kunt a través de ramas laterales con diferentes diámetros, sustratos y enraizante (Kelpak) realizado en Perú. A través del estudio determino la relación y efecto de los sustratos, diámetros de ramas laterales y enraizante. Utilizo un diseño factorial con la combinación de los factores (ABC). Los resultados mostraron que el mejor tratamiento es el A2B1C1 (sustrato aserrín + rama lateral con diámetro $>0.1 \leq 1$ cm

+ enraizante) presentó brotación de 3 meristemos a los 21 días, el A1B2C1 (Sustrato arena + rama lateral con diámetro $\geq 1.1 \leq 2$ cm + enraizante) alcanzó meristemos laterales con raíces más largas (16 cm) y el tratamiento A2B2C1 (Sustrato aserrín + rama lateral con diámetro $\geq 1.1 \leq 2$ cm + enraizante) adquirió un mayor porcentaje de prendimiento en las fundas de polietileno.

1.2. Planteamiento del problema

En Ecuador la *Guadua angustifolia* se encuentra en forma natural, especialmente en 16 provincias del país, se localizan abundantes manchas de guadua en virtud a las condiciones edafoclimáticas que benefician su crecimiento de manera natural. Se extiende espontáneamente entre los cultivos, en las riberas de las cuencas o partes bajas montañosas, asociado con la producción y vegetación característica de cada zona (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019, p. 14).

La tala indiscriminada y el desconocimiento del manejo de esta especie ha provocado el deterioro de los recursos naturales (Acosta, 2021, p. 12). Siendo explotados principalmente los guaduales que se encuentran en las riberas de ríos, quebradas y laderas; esto ha ocasionado problemas ambientales. Se estima que el 50% de las áreas naturales de guadua han sido explotadas hasta desaparecer o ser sustituida por otros cultivos, mientras que el 50% restante se recupera lentamente, logrando volver a cosechar dentro de 4 a 5 años, pero con una disminución de la cantidad y calidad (diámetros y alturas) (Añazco y Rojas, 2015a, p. 79). Por otro lado, el aprovechamiento es inadecuado debido a que dejan tacones altos con huecos, causando la pudrición de los troncos de guadua por la acumulación de agua impidiendo la producción de nuevos brotes.

La percepción social de la guadua en algunos sectores rurales radica en que esta especie pierde su verdadero valor, desconociendo sus beneficios ecológicos, solo es tomada en cuenta como materia prima para la construcción de viviendas e infraestructura productiva (Añazco y Rojas, 2015a, p. 79).

En el Cantón la Joya de los Sachas, la guadua ha sido talada constantemente, sin realizar ningún manejo de siembra o reforestación para restaurar las plantaciones naturales que se talan. Por lo tanto, conscientes de este problema se pretende realizar estudios de propagación asexual, puesto que, la guadua es difícil propagarla mediante semillas. El estudio consiste en la propagación a través de segmentos vegetativos, específicamente por medio de esquejes de *Guadua angustifolia*, con el fin de conocer un método de propagación óptima para multiplicar plantas de guadua bajo vivero, en vista que ésta especie tiene un gran realce en varios aspectos, que se puede promover en diferentes proyectos a futuro.

Formulación del problema:

¿Qué efecto tendrá la propagación por segmentos vegetativos de *Guadua angustifolia* bajo condiciones de diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra?

1.3. Justificación

La *Guadua angustifolia* es una planta de rápido crecimiento con propiedades excepcionales tanto físicas y mecánicas, caracterizándole como una planta ideal para realizar proyectos de reforestación y para establecer sistemas agroecológicos. De acuerdo con Benavides y Deleg (2018, p. 8), es un recurso renovable y sostenible, puesto que, vuelve a crecer un rizoma de la planta madre, siempre y cuando se realice un manejo de corte adecuado, a esto se diferencia de los árboles maderables que se cortan y no se pueden auto reproducir.

En un futuro cercano, se pronostica que el bambú contribuya en aportes esenciales para el medio ambiente, concretamente con el cambio climático. En la mitigación, favorece con la captura y acumulación de carbono dentro de su biomasa (Añazco, 2019, pp. 1-10). En Colombia, según Camargo et al. (2010, pp. 91-92), señalaron que, en una plantación de siete años de *Guadua angustifolia* obtenía una fijación de 76,6 t C ha⁻¹, en donde, el 83 % se sitúa en la biomasa aérea. En el ámbito de la vulnerabilidad al cambio climático, desempeña diferentes roles y funciones, como; la protección contra los deslizamientos de tierra, la protección de las riberas de las cuencas, y también interviene sobre el microclima.

La caña guadua, gracias a sus extraordinarias características tales como durabilidad, firmeza y versatilidad; al mismo tiempo de ser una planta forestal no maderable, es un sustituto de la madera y está dando realce en procesos de disminución de pobreza, desarrollo económico y ambiental. Su empleo se ha ido extendiendo a lo largo de la historia, desde ser materia prima para la elaboración de productos con bajo valor agregado, a ser transformados en productos con finos acabados, tales como; paneles laminados, pulpas, papel, casas prefabricadas, fibra, ropa, entre otros (Balseca et al., 2017, p. 584).

La falta de conocimiento acerca de la reproducción y los beneficios que brinda la caña guadua, ha hecho que muchas personas no le den importancia necesaria para la propagación de esta especie. Por otro lado, es importante fomentar proyectos de reforestación con especies de guadua, dado que, en el Cantón la Joya de los Sachas, los pobladores no siembran estas especies, solo deforestan las manchas naturales que se encuentran en los bosques.

Dado a las bondades que ofrece la guadua, encontrar alternativas de propagación optimizará tiempo y costos de producción, esto motivará a los productores de la región que deseen incursionar en el cultivo. Por estos motivos se justifica el trabajo investigativo ya que el estudio les brindara la información necesaria para la reproducción de caña guadua, a través de los diferentes tratamientos de propagación a evaluar, aplicando diferentes factores (segmentos vegetativos, tipos de sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra).

Por lo tanto, este estudio pretende identificar y describir el método de propagación que se adapte a la realidad de la zona teniendo en cuenta las variables propuestas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la propagación por segmentos vegetativos de *Guadua angustifolia* mediante diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra, para conocer el tratamiento que brinde mejores condiciones agronómicas en la reproducción de guadua, en el cantón la Joya de los Sachas, Orellana.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje de prendimiento y emisión de brotes de *Guadua angustifolia* mediante el análisis estadístico de los diferentes factores establecidos para la producción de plantas en el cantón Joya de los Sachas.
- Analizar el crecimiento y diámetro de los brotes de *guadua angustifolia* mediante la recopilación de datos en campo, con el fin de identificar el tratamiento más adecuado para el desarrollo de la planta.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula (H0)

La especie *Guadua angustifolia* no presenta respuesta al método de propagación por segmentos vegetativos usando diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra.

1.5.2. Hipótesis alterna (H1)

La especie *Guadua angustifolia* si presenta respuesta al método de propagación por segmentos vegetativos usando diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El bambú es un recurso que en el mundo posee más de 33 millones de hectáreas primordialmente situadas en los países tropicales y subtropicales, con un establecimiento de 60 mil millones de dólares al año y generando fuentes de trabajo a más de 16 millones de personas. América Latina cuenta con 10.000 años de historia con el empleo del bambú y se presenta como una gran alternativa para el desarrollo de los países. Las perspectivas del bambú abren puertas a la investigación, por su potencial como recurso natural y aprovechable que está comprendido con los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS para el año 2030. Se considera una planta valiosa para combatir la pobreza (específicamente rural), proporciona servicios de energía modernos y asequibles, favorece el acceso a la vivienda sostenible, promueve el uso eficiente de recursos naturales y preserva los ecosistemas terrestres (Jácome, 2020, p. 8).

Los bambúes generan un gran número de productos a partir de las plantas leñosas, cuyo principal uso es en la construcción de infraestructura de viviendas, la producción agrícola, el turismo, el deporte y la recreación; otras especies forestales no madereros generan fibras que se utilizan en la producción textil o de papel, la hoja caulinar se utiliza en la fabricación de artesanías, entre otros. El bambú ha sido considerado como una “planta de mil usos” que se utiliza para fabricar palillos hasta cerveza, y sus brotes pasan a formar parte de los platos de la comida de los países asiáticos (Añazco y Rojas, 2015a, p. 11).

La *Guadua angustifolia* es un bambú leñoso endémico de Ecuador, Colombia y Perú, comúnmente conocido como caña guadua, reconocido como el tercer bambú más grande del mundo, superada por dos especies provenientes de Asia: *Dendrocalamus giganteus* y *Dendrocalamus sinicus*. Crecen principalmente en los bosques tropicales como colonias naturales o manchas, la zona más abundante es la comarca occidental. Muestra mejor desarrollo a una altura de 100 msnm como en Bucay, Olón y Manglaralto de la región ecuatoriana (Añazco y Rojas, 2015a, pp. 26-29).

La industria en productos de bambú está en crecimiento. Sin embargo, el comercio de esta especie es un fenómeno no oficial en todo el mundo, por lo que se dispone de poca información. Los asiáticos son los pioneros en su transformación de materia prima, a pesar de las grandes dificultades para producir de forma constante el cultivo debido a sus condiciones climáticas, son grandes proveedores de países exigentes como Estados Unidos y la Unión Europea (Inglaterra, Alemania, Italia y España) (Mejía et al., 2009, p. 401).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Origen del bambú

La palabra bambú deriva del Maratí (India) y designa un grupo de especies vegetales con características morfológicas y anatómicas pertenecientes a la familia de las Poaceae, una de las más grandes e importantes para la humanidad (Cortés, 2011, p. 1).

Los bambúes se clasifican en; plantas pequeñas de menos de un metro de largo, con tallos (culmos) de medio centímetro de diámetro y plantas de gran tamaño, aproximadamente de 25 m de alto y 30 cm de diámetro (Seboka, 2010; citado en Aguirre et al., 2018, p. 168).

La *Guadua angustifolia* es una especie muy importante para Colombia. Esta especie nativa fue identificada por los botánicos Humboldt y Bonpland como *Bambusa guadua*, luego en 1822 el botánico alemán Karl S. Kunth conceptúa el género *Guadua*, tomando el vocablo indígena “guadua” cuyo nombre lo identificaban las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador. Kunth renombra la especie llamándola “*Guadua angustifolia*” que significa “hoja angosta”. (Londoño 2001). Se caracteriza por una franja blanca bien marcada sobre y en ambos lados de los nudos con hojas caulinares tempranamente caedizas y espinas presentes (Valdiviezo, 2011, p. 227).

El bambú es una de las especies más representativas e importante por sus sobresalientes características constructivas. Se encuentra manchas nativas en Colombia, Venezuela y Ecuador, también se han registrado áreas naturales de *G. angustifolia Kunth* al nor-este del Perú, zonas fronterizas con Ecuador y Colombia. A su vez se vienen desarrollando planes de manejo de bambusales nativos y plantaciones (Gonzales, 2005, p. 5).

En el mundo se han registrado cerca de 90 géneros y 1,500 especies de bambú. Se agrupan en plantas herbáceas (tribus Olyreae) y plantas leñosas (Arundinarieae y Bambuseae), estas se caracterizan por tener culmos o tallos lignificados, muestran sistemas complejos de ramificación y rizomas vigorosos. Los bambúes son anemófilos, es decir su polinización es por medio del viento y su metabolismo fotosintético C3. Se encuentran en distintos hábitats, usualmente crecen erguidos y algunas especies forman macollos (Aguirre et al., 2018, p. 168).

Se pueden encontrar diferentes variedades de bambú tales como; *Guadua angustifolia*, *Guadua weberbaueri*, *Guadua chacoensis*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa aculeata*, *Bambusa textiles*, *Phyllostachys bambusoides f. tanakae*, *Dendrocalamus asper*, *Dendrocalamus giganteus*, *Chusquea spp*, *Neurolepis aperta*, entre otras. Debido a su adaptabilidad, tienen una amplia distribución geográfica en regiones tropicales, subtropicales y templadas. A nivel mundial, se extiende desde los 51°N (Japón) hasta los 45°S (Chile) y al nivel del mar, llegando hasta los 4.300 metros en los Andes ecuatorianos (también conocido como el Páramo) En Ecuador, la especie se distribuye en cuatro regiones del país (Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos), tanto nativa como exótica (Añazco y Rojas, 2015a, pp. 13-25).

2.2.2. Aspectos generales de la guadua

El bambú es una gramínea, son plantas perennes y la mayoría con troncos leñosos, generalmente conocido como caña. El bambú forma parte de la subfamilia *Bambuseae*, es usual encontrarlo casi en todos los continentes, África, Asia y Centro América. Se localizan en regiones tropicales y templadas, aunque algunas especies son capaces de resistir a bajas temperaturas. Dentro del grupo de especies de bambú se encuentran varios géneros, clasificándose en bambúes leñosos y herbáceos. Solamente Asia y América aprovechan comercialmente este tipo de especies, especialmente leñosas, se considera al menos 250 especies originarios de Asia y 17 especies de América son aprovechados de alguna manera. Algunos géneros de bambúes leñosos identificados por todo el mundo son; en Asia (*Phyllostachy*, *Bambusa*, *Gigantochloa*, *Dendrocalamus*, *Arundinaria*), y en América (*Guadua*, *Chusquea*, y *Arundinaria*) (Gonzales, 2005, p. 2).

Las especies del género guadua constituye una gran importancia para América, son endémicos de Centro y Sur América, constituido por unas 32 especies, la *Guadua angustifolia Kunth* es nativa de Colombia, Ecuador y Perú, no obstante, hoy en día otros países han comenzado a difundirla por el potencial que posee para su aplicación en diversos usos (construcción, artesanías, muebles, laminados, entre otros) (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2017, p. 1). Actualmente se han desarrollado nuevos usos del bambú, obteniendo modernos productos en los sectores industriales e incluso en la industria farmacéutica, doméstica y alimentaria (Mejía et al., 2009, p. 398).

La guadua está compuesta por dos partes principales, un rizoma a modo de raíz y un tallo con sección casi redonda, hueca y dividido por tabiques rígidos en cada tramo de la caña. La planta se sujeta al terreno mediante el rizoma, un componente subterráneo, rugoso y grueso, que es su medio por donde crece y se propaga de manera rápida. La velocidad con la que cuenta para su desarrollo, supera a otros tipos de plantas forestales. Por otro lado, presenta cualidades ventajosas, brindando una alta flexibilidad, debido a la fácil manipulación, manejo, montaje y corte del material (Torres, 2017, p. 13).

Las condiciones ecológicas del hábitat de los bambúes son estrechamente diversas como el número de especies que existen. El bambú puede alcanzar su máxima altura en un periodo de 4 a 6 meses, con un crecimiento diario de 21 centímetros. Su maduración se da entre los 3 y los 5 años, se considera una planta extraordinaria por su crecimiento rápido ante cualquier otra planta forestal. Su rápido crecimiento es de vital importancia para la utilización a nivel industrial. Por otro lado, el cultivo de bambú, por su crecimiento radicular, tiene efectos benéficos en el suelo, como evitar o detener la erosión, aumenta la retención de agua en el suelo; además, se ha reportado su gran potencial por su capacidad de captar una gran cantidad de dióxido de carbono atmosférico (Mejía et al., 2009, p. 398).

2.2.2.1. Taxonomía

La subfamilia bambusoidae, incluye a todas las especies pertenecientes a la familia Poácea (familia del maíz, arroz, caña de azúcar, entre otras), son conocidas universalmente como bambúes (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2021, p. 18). La subfamilia bambusoidae se divide en dos grandes grupos; Tribu Bambuseae (especies leñosas) y Tribu Olyrae (especies herbáceas). Divididos en esta categoría, se encuentran alrededor de 1.600 especies de bambú con aproximadamente 116 géneros en todo el mundo (Añazco y Rojas, 2015a, p. 14). La primordial especie de bambú en el Amazonas es la *Guadua angustifolia*, en la siguiente tabla se detalla su clasificación taxonómica.

Tabla 1-2: Taxonomía de la Guadua

Taxonomía	
Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea
Orden	Glumiflorales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guaduinae
Género	<i>Guadua</i>
Especie	<i>angustifolia</i>

Fuente: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2021.

2.2.2.2. Género *guadua*

El género *Guadua*, agrupa cerca de 30 especies. Se distingue de las demás especies por presentar tallos robustos y espinosos, bandas de filamentos blancos en la región del nudo y por las hojas caulinares en forma triangular. También resalta por sus culmos o tallos que pueden alcanzar hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. En la costa ecuatoriana se encuentra una sola especie nativa de bambú arborescente, siendo la *Guadua angustifolia*. Localmente se pueden encontrar con diferentes nombres, como caña brava, caña mansa, cebolla, macana, cotuda o castilla. Cada uno de ellos pertenecen pertenece a la misma especie *Guadua angustifolia*, pero tienen aspectos físicos diferentes, puesto que son ecotipos que responden a condiciones climáticas y edáficas específicas y por los orígenes de la planta madre (Añazco y Rojas, 2015a, p. 28).

2.2.2.3. Morfología de la guadua

La guadua está compuesta por un rizoma que se forma en la parte superficial y subterránea del suelo siendo el soporte de la guadua y generando nuevos brotes para la propagación de nuevas plantas. Presentan hojas caulinares que protegen a los rizomas durante el proceso de formación del tallo y las yemas, desprendiéndose una vez desarrollado este proceso. Tiene un tallo o culmo de forma cilíndrica y hueca con segmentos formados por entrenudos. Una vez que se forme el culmo salen las ramas de las yemas, también se encuentran en las mismas ramas y en los rizomas que favorecen la reproducción de la guadua. Las hojas foliares son de forma triangular y alargadas. La inflorescencia está formada por espigas que se presenta en colores verdes, gris o amarilla (Castiblanco y Torres, 2020, pp. 35-36).

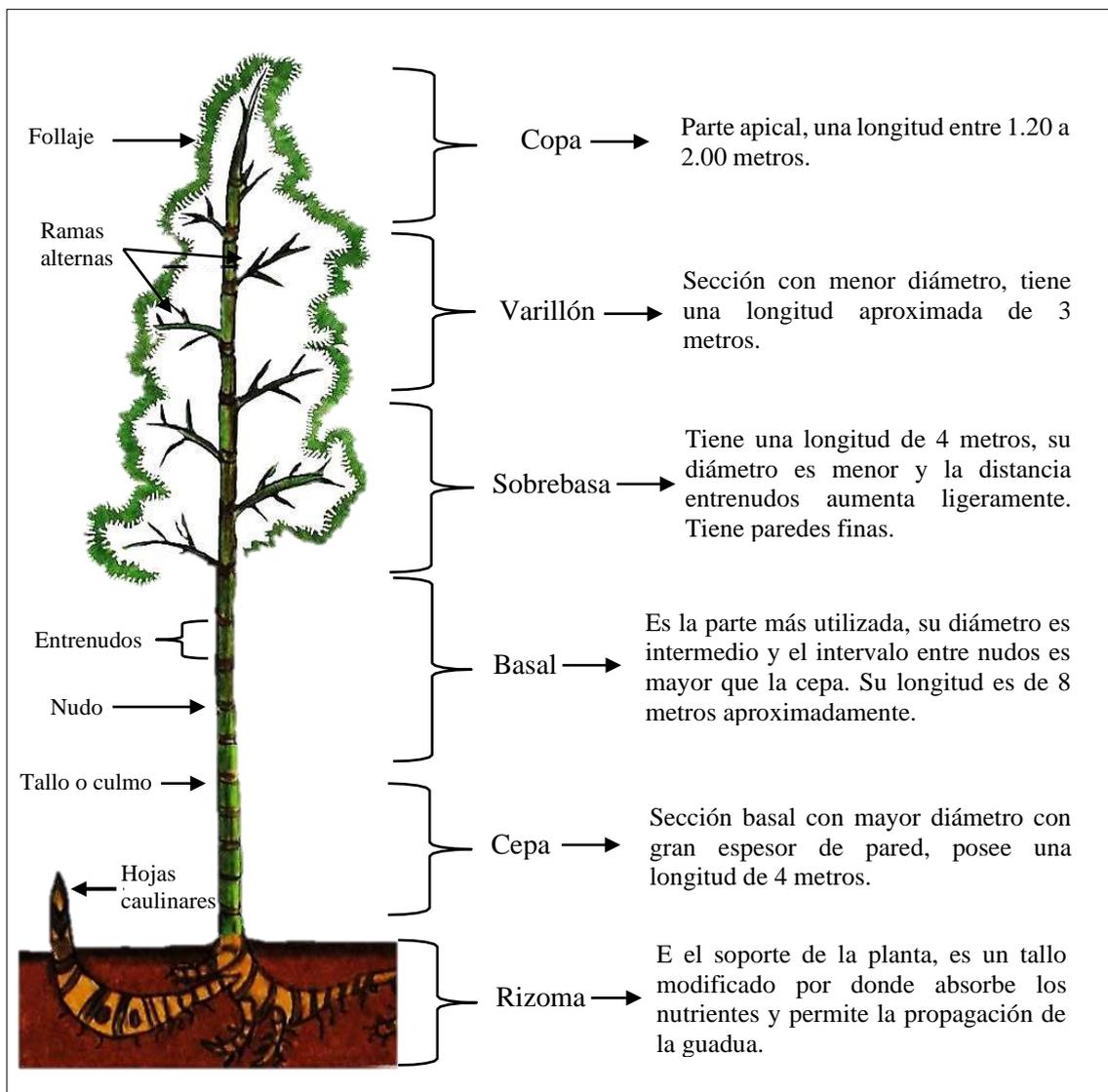


Ilustración 1-2: Partes de la guadua

Fuente: Botero, 2019; Cevallos, 2020.

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

2.2.2.4. Ciclo de vida de la *Guadua angustifolia*

El ciclo de vida se estima entre 5 y 7 años, pasando por 4 etapas durante su crecimiento y desarrollo.



Ilustración 2-2: Estados de madurez de la *Guadua angustifolia*

Fuente: Ramos y Torres, 2018, pp. 41-42.

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

2.2.2.5. Distribución

Hay alrededor de 1600 especies de bambú en el mundo, el 67% de las cuales se distribuyen en Asia y Oceanía, el 30% en las Américas y el 3% en África. Aunque se originaron en los trópicos, los bambúes han evolucionado para cubrir una variedad de climas, desde tropicales a templados, desde llanuras a alpinos. Algunas especies incluso se encuentran en regiones templadas más frías o en montañas de hasta 4.500 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de las especies se concentran en regiones tropicales y subtropicales húmedas y cálidas, aunque las distribuciones naturales se encuentran en todos los continentes excepto en Europa (Aguirre, 2019, p. 21). En Ecuador se pueden observar diferentes especies de *Guadua angustifolia*, que se encuentran en todos los suelos tropicales y subtropicales de la costa del país y en la Amazonía, y estas especies forman parte de la flora de la región. En nuestro país esta planta se la conoce con varios nombres según su localidad como por ejemplo Caña Guadua, Caña Brava y Caña Mansa (Guerrero y Mindiola, 2018, p. 44).

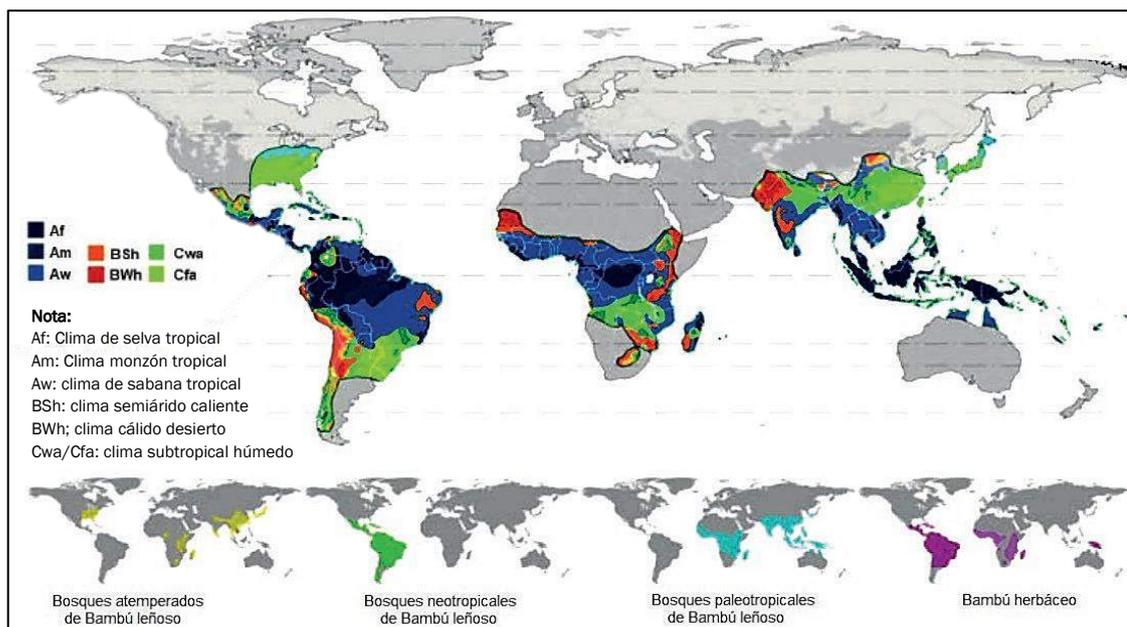


Ilustración 3-2: Distribución geográfica del bosque de bambú

Fuente: Velázquez et al., 2022, p. 91.

2.2.3. Factores edafoclimáticos

2.2.3.1. Factores climáticos

Tabla 2-2: Condiciones climáticas para el crecimiento de la guadua

Factor	Rango general	Rango óptimo
Altitud (m s.n.m.)	0 – 2600	600 - 2000
Temperatura (°C)	14 - 26	20 – 26
Precipitación (mm/año)	950 - 5000	1800 – 2000
Brillo solar (horas-luz/año)	1400 - 2200	1800 - 2000
Humedad relativa (%)		75 -85
Vientos (dirección e intensidad)	Brisas débiles o fuertes	Brisas débiles o moderadas

Fuente: Castaño y Moreno, 2004; citado en Dueñas, 2019, p. 10.

2.2.3.2. Factores edáficos

Prefiere suelos aluviales y bien drenados. No es resistente a suelos salinos. Algunos bambúes pueden crecer en suelos con un pH de hasta 3,5, pero el pH óptimo suele estar entre 5,0 y 6,5. (Liese, 1985; citado en Aguirre, 2019, p. 23). En cuanto a textura prefieren francos limosos, francos arcillosos y francos arenosos (Dueñas, 2019, p. 10).

2.2.4. Métodos de propagación

La propagación del bambú se realiza por métodos sexuales y asexuales. Sin embargo, el método más utilizado es la propagación asexual, utilizando diferentes partes de los bambúes. En cuanto la reproducción sexual no es muy utilizada por los periodos de floraciones esporádicas, es decir que sucede con poca frecuencia, con intervalos de tiempos irregulares.

2.2.4.1. Reproducción sexual

A través de la reproducción sexual por semilla, el bambú tiene una floración esporádica es decir solo algunas plantas de la misma mancha florecen en tiempos irregulares o ciclos muy largos, además su crecimiento es lento y presenta bajo vigor inicial. Este método no es recomendado por la difícil obtención y la baja viabilidad germinativa que presenta la semilla (Briceño et al., 2018, p. 91).

2.2.4.2. Reproducción asexual

Las plantas pueden reproducirse vegetativamente de cualquier estructura de la planta (rama, yema, tallo, rizoma) produce nuevas estructuras. En viveros forestales comerciales y comunitarios en las zonas rurales de Colombia, este método de propagación es la técnica más utilizada en la producción de Guadua. Al igual que otras especies de plantas, el bambú se propaga desde varias partes de la planta. Los más utilizados son segmentos de tallo, rizomas, riendas laterales, esquejes de tallo joven y propagación de plántulas (a menudo llamados chusquines). Además, es posible la reproducción asexual in vitro mediante cultivo de tejidos en condiciones de laboratorio (Acosta et al., 2021, p. 79).

2.2.4.3. Propagación por rizoma o caimanes

Se extrae el rizoma con una sección de tallo con cuatro o cinco yemas. Se seleccionan plantas con buenas características agronómicas entre dos y tres años de edad. Es un método seguro y efectivo, permite la emisión de brotes con mayor diámetro permitiendo obtener en menor tiempo la cosecha de la guadua (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2021, p. 33). Por otro lado Botero (2004, p. 9) menciona que, la extracción del rizoma es muy complicada por lo tanto no es muy económico y además no se considera un método de propagación si no de trasplante.

2.2.4.4. *Propagación por tallos enterrados en forma horizontal*

Consiste en la selección del tallo con yemas activas en los nudos para la reproducción de brotes y obtener nuevas plantas. Se puede enterrar todo el tallo de la guadua o también se puede fraccionar por secciones con tres o cuatro nudos. Se recomienda realizar perforaciones en cada sección de los entrenudos, luego llenar de agua y posteriormente sellar bien (Díaz et al., 2017, pp. 23-24).

2.2.4.5. *Propagación por chusquines*

Este método se desarrolló en Colombia y Costa Rica. Consiste en buscar plántulas que están iniciando su crecimiento por lo general cuenta con raíces, tallos y hojas. Es una planta delgada y pequeña que se forma en el suelo, saliendo como un brote del rizoma. Los chusquines vienen agrupados que luego de ser recolectados son separados para replantarlos en el vivero (Briceño et al., 2018, p. 92). Sin embargo, existe poca disponibilidad del material vegetal (Gallardo et al., 2008, p. 17).

2.2.4.6. *Propagación por esquejes de riendas laterales o ramas basales*

Consiste en seleccionar las ramas o riendas de la parte central, inferior o basal del culmo. Se extrae ramas con una longitud de 5 a 15 cm que contenga yemas activas. Finalmente se planta en bolsas plásticas con sustrato preparado o en camas de propagación colocando a 45 °C de inclinación (Asociación Peruana del Bambú, 2013, p. 2).

2.2.5. *Plagas y Enfermedades*

2.2.5.1. *Plagas*

De acuerdo con Hidalgo (1976; citado en De la Rosa y Vargas, 2019, p. 21) en su libro de técnicas de construcción en guadua, insectos como la *Estigmina chinensis*, *Cyrtotrachelus longipes*, la larva de *Aprathea vulgaris* atacan los tallos en el crecimiento, dando como resultado tallos torcidos, delgados y con poca resistencia. Tanto en Asia como en América el bambú es atacado por una variedad de insectos, algunos de los cuales solo atacan a tallos vivos mientras que otros, como *Dinoderus minutus* ataca a los tallos cortados. *Lepidoptera pyralidae* pertenecen al grupo más importantes de comederos de hojas de bambú siendo las más importantes estas cuatro especies *Algedonia coclesalis*, *Crocidophora evenoralis*, *Demoboty pervulgalis*, y *Circobotys aurealis*. El daño lo causan las larvas, que se adhieren a la hoja como una caja y se alimentan del tejido superior de la hoja. Las langostas de bambú son insectos del género *Hierglyphus* que se alimentan

de los brotes y hojas de bambú de adultos y ninfas, causando una defoliación completa del soporte de bambú (Gómez, 2020, párr. 9-12).

2.2.5.2. Enfermedades

En *Guadua angustifolia* han determinado la incidencia y la intensidad de diferentes hongos especialmente causantes de manchas foliares. Se relacionan los más importantes, ninguno llega a nivel de daño económico: *Phyllacora sp.* Mancha de asfalto. Es la más potencial de daño económico. *Stagonospora sp.* Secamiento en las puntas. *Cercospora sp.* Mancha gris. *Cylindrosporium sp.* Pústula cerosa. *Albugo sp.* La roya blanca. Mosaico, probable por virus (Lian y Plasencia, 2017, p. 24).

2.2.6. Usos de la caña guadua

La guadua posee propiedades físicas y mecánicas extraordinarias con fibras naturales muy fuertes que permiten elaborar diversos productos como; artesanías, utensilios, instrumentos musicales, muebles, instrumentos para caza y pesca, incluso finos acabados; aglomerados, pisos, paneles, laminados, pulpas, esteras y papel (Añazco y Rojas, 2015a, p. 34). En los trópicos se usa en la construcción de viviendas, balsas, puentes y andamios. Las guaduas divididas y aplanadas se utilizan para recubrir suelos o pisos. Obteniendo finas fibras se confeccionan canastos, esteras, sombreros, nasas (red de pesca), y otros productos. Incluso los brotes jóvenes y semillas se usan en la alimentación (Espinoza y Loayza, 2018, p. 17).

Tabla 3-2: Usos de la *Guadua angustifolia*

Área	Frecuencia
Campo	En la elaboración de casas, puentes y distintos factores que ayudan al desarrollo socioeconómico.
Cultivos	Para puntales o soportes para especies como café, cacao, banano, entre otros.
Artesanías	Los artesanos la utilizan por ser de fácil y rápido procesamiento, corte y acabado.
Turística	En la construcción de cabañas rústicas.
Herramientas	Se lo utiliza en la preparación de andamios y puntales, puertas, moldaduras y pisos a base de Guadua.
Instrumentos musicales	Flautas, marimbas, tambores de hendidura, entre otros.

Fuente: Espinoza y Loayza, 2018.

2.2.7. Importancia de la *guadua angustifolia* a nivel económico, social, y ambiental

2.2.7.1. Nivel económico

Es un material de fácil acceso y bajo costo que se puede utilizar en todos los sectores de Ecuador, por otro lado, servirá como fuente de empleo e ingresos, impulsando su economía lenta; la producción de bambú de Colombia se utiliza para la construcción, la producción anual de China de industria del bambú alcanza los 13.800 millones de dólares, Brasil utiliza el bambú como materia prima para producir pulpa, Filipinas busca diversificar sus cultivos a partir del bambú, y se utiliza en Europa y Estados Unidos para producir paneles y otros materiales para jardines de interior (Añazco y Rojas, 2015; citado en Guerrero y Mindiola, 2018, p. 35).

2.2.7.2. Nivel social

La más importante es la actividad productiva de *guadua angustifolia*, que tiene un mayor impacto a través de la generación de empleo y empleo local, tales como: viveros profesionales, productores en manejo de plantaciones, albañiles especializados en diseño y construcción, artesanos especializados en procesamiento fino y carpinteros de productos con valor añadido y acabados de calidad, entre otras cosas (SERFOR/INBAR, 2018, p. 50).

2.2.7.3. Ambiental

La *guadua* es una planta que cumple un rol muy importante en los servicios ecosistémicos. Captura altas tasas de dióxido de carbono, previene la erosión del suelo, actúa como cortinas rompe vientos, regula el ciclo del agua ya que retiene agua en su rizoma y tallo. Brinda hábitat a la flora y fauna a especies como; aves, roedores, reptiles e insectos. Además, aporta una gran cantidad de biomasa que sirve de cobertura al suelo, favoreciendo su estructura y textura, y protegiéndolo de la erosión (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2021, p. 23).

2.2.8. Características de los Enraizantes

Los enraizantes a base de hormonas promueven mayor producción de *G angustifolia*, con características agronómicas de altura de planta, incremento de raíz y aumento del grosor del tallo incrementando los beneficios económicos de los productores en este cultivo. Los productos orgánicos enraizantes deben de ser empleados como un complemento de un equilibrado programa nutricional (Zambrano, 2020, pp. 11-17).

2.2.8.1. Ácido naftalenacético

La auxina más utilizada es el ácido naftalenacético e indolbutírico comercialmente para la iniciación de formación de raíces adventicias o laterales específicamente en acodos y esquejes (Díaz, 2017, párr. 13). El ácido naftalenacético es un estimulante de la actividad fisiológica de la planta, que actúa sobre los puntos de crecimiento activo en diferentes procesos, actúa como un activador enzimático que afecta la división celular, promoviendo la emisión radical en las plantas por trasplantar o en plantas ya sembradas, diseñado para inducir la formación de un sistema radicular más fuerte en una amplia gama de especies vegetales. Es empleado para la propagación asexual por medio de estacas, para el enraizamiento de acodos y esquejes (Cotrina, 2017, p. 30).

2.2.9. Sustrato

El sustrato es un medio de soporte que permite el desarrollo radicular de las plantas se podría decir que es el alimento para su desarrollo inicial (Varela et al., 2013, p. 36). En el contexto de la producción de plántulas en vivero, es importante determinar el sustrato a utilizar, ya que este medio actúa como componente estructural del anclaje de la planta a través de la raíz, ya sea materia mineral u orgánica, afectando el proceso de crecimiento del programa de nutrición (Sánchez, 2017a, p. 5).

Las principales funciones del sustrato en las plantas son las siguientes; el agua debe ser retenida por el sustrato hasta el momento que adquiera las plántulas, el aire, la energía que necesitan las raíces para su actividad fisiológica se produce mediante la respiración aeróbica, que requiere un suministro constante de oxígeno, la nutrición mineral requiere la adquisición de 13 nutrientes minerales esenciales, con la excepción de carbono, hidrógeno y oxígeno (Rodríguez, 2010, p. 9).

El sustrato para llenar algún tipo de recipiente debe estar libre de hongos, bacterias y otros patógenos para no dañar la planta después del trasplante, las partículas del suelo deben ser de tamaño uniforme y estar en buenas condiciones de fertilidad. Al llenar el contenedor, es importante la compactación del sustrato, ya que no debe ser demasiado compacto para que las raíces crezcan libremente. Por otro lado, si queda demasiado espacio poroso en la bolsa durante el riego, el suelo se comprimirá y las plántulas se descalzarán (Rodríguez, 2010, p. 22).

Cuando se preparan sustratos, las proporciones de cada componente son diferentes depende de una serie de factores tales como: especie a cultivar, forma y el tamaño del recipiente, el ciclo de las especies y la forma de riego. Por otra parte, la elección de cada material en la combinación del sustrato estará determinada por la disponibilidad, el costo y la experiencia local (Ministerio de Agroindustria, 2018, p. 19).

2.2.9.1. Tipo de sustrato

El sustrato puede ser simples o compuestos de varios componentes, los más comunes son:

Suelo agrícola

Es el material más abundante, se compone de agregados deber ser franco, suelto, tamizado para descartar algún material extraño que altere el crecimiento de la raíz, como piedra, raíces y otros.

Arena

La principal característica es su porosidad debido al mayor tamaño de las partículas, lo que brinda las condiciones para un mejor crecimiento de las raíces. Proviene del río y debe ser lavado, tenso y tamizado.

Fibras o residuos vegetales

Son componentes que proveen beneficios para la germinación o propagación de plántulas obteniendo un sustrato suelto, retención de humedad, nutrientes, entre otros. Por ejemplo, la estopa de coco proporciona un buen medio de crecimiento para cultivos hidropónicos. Otros materiales son: hojarasca de cafetales, cascarilla de arroz, tamo de café, aserrín, entre otros (Napoleón y Cruz, 2005, p. 11).

2.2.10. Sombra

La sombra en el vivero puede ayudar a crear un entorno más fresco, más adecuado para las primeras etapas de crecimiento de las plántulas. La luz solar directa puede tener un efecto negativo en el crecimiento de las plántulas, especialmente en verano. Todas las plantas necesitan luz para la fotosíntesis. Del mismo modo, la luz es importante para que las plantas crezcan bien durante la fase de crecimiento, pero debe regularse en función de las necesidades de cada especie (Walle, 2003, pp. 28-29).

En climas soleados, proporcione a los semilleros (en camas y parterres) sombra para protegerlos y conservar más agua para la planta al reducir la evaporación. No exceder; demasiada sombra provocará un crecimiento pobre, amarillamiento y enfermedades. La penumbra debe reducir a la mitad la cantidad de luz entre la sombra completa y la luz solar (Navall, 2006, p. 6).

El material utilizado para la propagación de especies forestales se considera perecedero, es decir, tiene una vida útil limitada. Del Amo et al. (2002, p. 20), sugiere lugares sombreados que pueden utilizarse como casas de sombra o zonas de almacenamiento para las plantas antes de su trasplante. La presencia de este espacio ayuda a reducir las temperaturas en comparación con las zonas con luz solar directa. Dependiendo de los materiales utilizados, la radiación solar puede reducirse en un 30-50%. Durante el almacenamiento, el espacio debe ser regado y protegido. Estas casas de sombra son temporales. Sin embargo, es importante asegurarse de que se dispone de ese espacio, ya que se necesita tiempo para colocar las plantas con los interesados en el programa de restauración.

La sombra temporal en el vivero es mejor que el sombreado permanente de los árboles, ya que las plantas deben acostumbrarse gradualmente a la plena luz solar que recibirán en el campo (Oliva et al., 2014, p. 12).

2.2.11. Método de Taguchi

Genichi Taguchi (1924-2012) fue un ingeniero y estadístico japonés doctorado en ciencias, considerado uno de los dirigentes importantes que contribuyó al control estadístico en la disminución de costos, aumento de la calidad en el diseño de productos y métodos de fabricación (Hernández et al., 2015, p. 65). El método Taguchi se centra en identificar y evaluar las variables con mayor influencia en el resultado del proceso, reduciendo los efectos de los factores no controlables y reduciendo la variación en el rendimiento del proceso. Es una herramienta eficaz para el diseño y la optimización de procesos y productos (Zapata y Sarache, 2014, p. 117).

Taguchi innovó y simplificó el Diseño de Experimentos con la entrada de las tablas denominadas como arreglos ortogonales (A.O.), que son una reforma de las matrices de Hadamard (matrices ortogonales $n \times n$). Mediante un A.O. se establece de una forma estandarizada la combinación de factores y niveles que se van a experimentar en cada ensayo. Los A.O. permiten explorar hasta llegar un total de $n-1$ factores, siempre no se consideren las interacciones entre ellos. Nos ayuda a reducir gran parte del esfuerzo del diseño experimental puesto que facilita la evaluación de varios factores al mismo tiempo con un número mínimo de ensayos, favoreciendo la reducción de los recursos necesarios para la experimentación (Hernández et al., 2015, p. 69).

Los diseños factoriales clásicos se tornan complejos en la planeación, operación y análisis, aun cuando se disponga de programas estadísticos para tal propósito, por cuanto requiere de un alto número de unidades experimentales. El diseño ortogonal reduce el número de tratamientos. Los diseños ortogonales que se recomienda usar en la investigación agropecuaria, corresponden a los diseños de las series 2^n y 3^n , básicamente los diseños $L_4(2)^3$, $L_8(2)^7$ y $L_9(3)^4$. Se detalla a continuación (Tabla 4-2, 5-2 y 6-2).

Tabla 4-2: Arreglo ortogonal L4 fraccionado para 3 factores

$L_4(2)^3$	Factores		
Corridas experimentales	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Fuente: Reyes, 2008.

Tabla 5-2: Arreglo ortogonal L8 fraccionado para 7 factores

$L_8(2)^7$	Factores						
Corridas experimentales	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Fuente: Reyes, 2008.

Tabla 6-2: Arreglo ortogonal L9 fraccionado para 4 factores

$L_9(3)^4$	Factores			
Corridas experimentales	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Fuente: Reyes, 2008.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del estudio

Se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en la Vía Sacha - San Carlos, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, ubicación geográfica en la zona 18S UTM.

3.1.1. Ubicación Geográfica

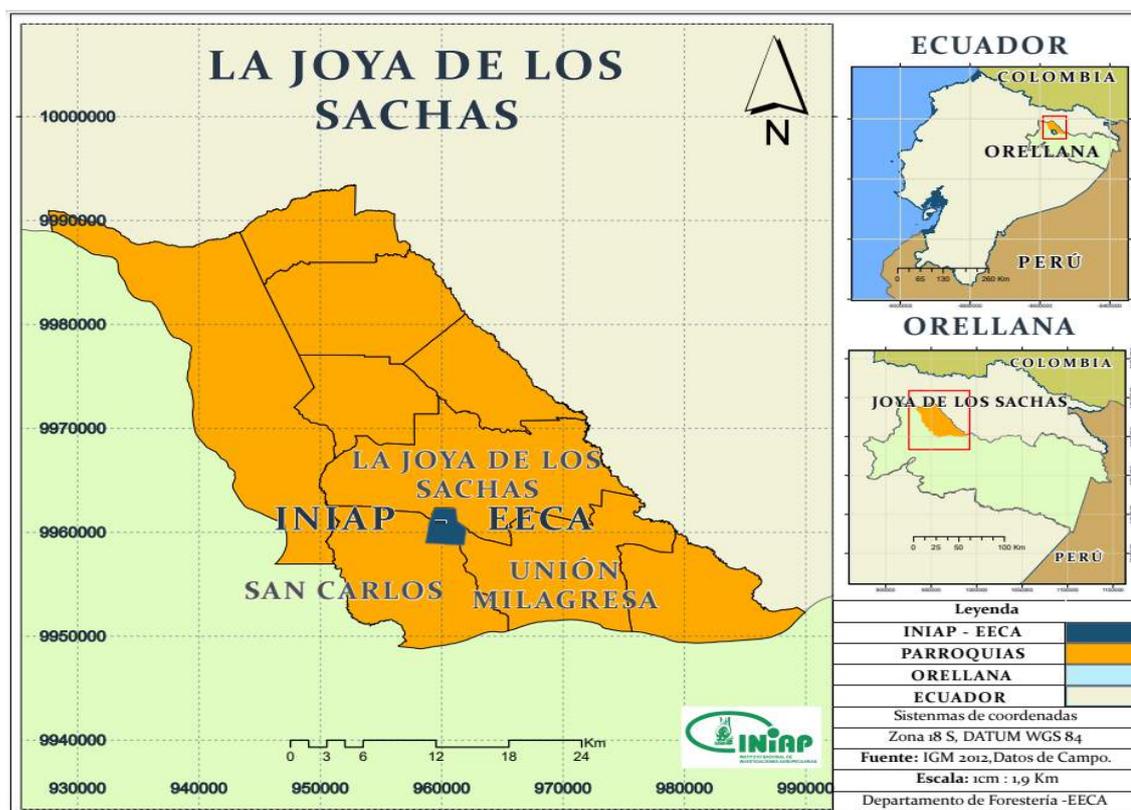


Ilustración 1-3: Mapa de ubicación del área de estudio en la Provincia de Orellana

Fuente: INIAP-EECA, 2022.

3.1.2. Características climáticas

Tabla 1-3: Características climáticas del cantón Joya de los Sachas

Temperatura anual	25°C a 36°C
Precipitación	2650 mm/año y 4500 mm/año (marzo a junio y octubre a diciembre se registran las más altas precipitaciones).
Humedad relativa media	78.7%
Evotranspiración	1217 mm/año

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Sebastián del Coca, 2019.

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.1.3. Coordenadas de ubicación del sitio experimental

Tabla 2-3: Coordenadas estación experimental

Datum WGS 84 - ZONA 18S	
Coordenada X	291425.69
Coordenada Y	9962307.94
Coordenada Z	276 msnm

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.2. Materiales

3.2.1. Herramientas

Segueta manual, tijeras de podar, machete, playo industrial, pala, pico, azadón, flexómetro, caretila, sacas o lonas, baldes de 20 L, manguera de polietileno, dos tanques de 200 L, calibrador pie de rey digital, Piranómetro portátil, balanza digital, Malla Sarán, alambre galvanizado, piola, fumigadora manual de 20 L.

3.2.2. Insumos

Sustratos (tierra agrícola, arena de río y cascarilla de arroz), segmentos vegetativos (esquejes de tallos, esquejes de ramas primarias y secundarias), hormonagro1(ácido naftalenacético), fundas de polietileno (34 cm x 12,5 cm), cal agrícola, Skul-27 (fungicida), Bankit (fungicida).

3.2.3. Materiales de oficina

Computadora, impresora, celular, cuaderno, esferográficos, lápiz HB, regla de oficina, calculadora, cinta adhesiva masqui, folder, tablero apoya manos y hojas de registros.

3.3. Diseño de la investigación

3.3.1. Enfoque

La investigación es cuantitativa de tipo experimental que tiene un alcance correlacional ya que se estudió la asociación entre factores y niveles (Tabla 4-3). Utilizando el “Método de Taguchi” se realizó los diferentes arreglos ortogonales para obtener los tratamientos correspondientes, con el fin de evaluar y buscar un método óptimo que brinde las mejores condiciones morfológicas en el prendimiento de guadua.

3.4. Métodos

3.4.1. Factores de estudio

3.4.1.1. Factor A. Segmentos vegetativos

A1: Esquejes de ramas secundarias

A2: Esquejes de ramas primarias

A3: Esquejes de tallos

3.4.1.2. Factor B. Tipos de sustratos

B1: Tierra agrícola (100%)

B2: Tierra (80%) + Arena de río (20%)

B3: Tierra (80%) + Cascarilla de arroz (20%)

3.4.1.3. Factor C. Dosis de ácido naftalenacético

C1: Sin ácido naftalenacético

C2: Ácido naftalenacético 2g/L

C3: Ácido naftalenacético 3g/L

3.4.1.4. Factor D. Niveles de sombra

D1: Sombra 30%

D2: Sombra 50%

D3: Sombra 70%

3.4.2. Variables de estudio

3.4.2.1. Variables independientes

- Segmentos vegetativos
- Tipos de sustratos
- Dosis de ácido naftalenacético
- Niveles de sombra

3.4.2.2. Variables dependientes

- Porcentaje de prendimiento
- Numero de brotes
- Longitud del brote
- Diámetro del brote

3.4.3. Delineamiento experimental

Tabla 3-3: Características de unidades experimentales

Unidades experimentales:	27
Número de repeticiones:	3
Número de tratamientos:	9
Numero de esquejes de tallos:	225
Numero de esquejes de ramas primarias:	225
Numero de esquejes de ramas secundarias:	225
Número de esquejes total:	675
Numero de esqueje por repetición:	225
Número de esquejes por tratamiento:	25
Número de esqueje útil:	9
Número de esqueje a evaluar en el ensayo:	243
Área total de ensayo:	150 m ²

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.4.3.1. Diseño de los tratamientos

Se aplica el diseño $L_9 (3)^4$ (Tabla 4-3), significa 9 corridas para evaluar cuatro factores con tres niveles cada uno. Si se utilizara el diseño factorial completo se tendría 81 tratamientos demandando más tiempo y materiales. El método Taguchi realiza una matriz de combinación óptima reduciendo el número de tratamientos, donde todos los parámetros varían conjuntamente y sus efectos e interacciones se evalúan al mismo tiempo para establecer los factores que tienen mayor o menor influencia dependiendo del estudio.

Tabla 4-3: Diseño de los tratamientos

$L_9 (3)^4$	Factores				Código
	Tratamientos	A	B	C	
T1	1	1	1	1	A1B1C1D1
T2	1	2	2	2	A1B2C2D2
T3	1	3	3	3	A1B3C3D3
T4	2	1	2	3	A2B1C2D3
T5	2	2	3	1	A2B2C3D1
T6	2	3	1	2	A2B3C1D2
T7	3	1	3	2	A3B1C3D2
T8	3	2	1	3	A3B2C1D3
T9	3	3	2	1	A3B3C2D1

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

En la Tabla 5-3, se describen los factores con sus correspondientes niveles.

Tabla 5-3: Factores y niveles de estudio

Descripción			Nivel		
			1	2	3
Factores de Estudio	A	Segmentos Vegetativos	Esquejes de ramas secundarias	Esquejes de ramas primarias	Esquejes de tallos
	B	Tipos de sustratos	Tierra agrícola (100%)	Tierra agrícola (80%) + Arena de río (20%)	Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%)
	C	Dosis de ácido naftalenacético	Sin ácido naftalenacético	Ácido naftalenacético 2g/L	Ácido naftalenacético 3g/L
	D	Niveles de sombra	Sombra 30%	Sombra 50%	Sombra 70%

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

En la Tabla 6-3, se indica los tratamientos de acuerdo a las combinaciones del diseño Taguchi.

Tabla 6-3: Tratamientos de estudio

Tratamientos	
T1	Esquejes de ramas secundarias
	Tierra agrícola (100%)
	Sin de ácido naftalenacético
	Sombra 30%
T2	Esquejes de ramas secundarias
	Tierra agrícola (80%) + arena de río (20%)
	Ácido naftalenacético 2g/L
	Sombra 50%
T3	Esquejes de ramas secundarias
	Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%)
	Ácido naftalenacético 3g/L
	Sombra 70%
T4	Esquejes de ramas primarias
	Tierra agrícola (100%)
	Ácido naftalenacético 2g/L
	Sombra 70%
T5	Esquejes de ramas primarias
	Tierra agrícola (80%) + arena de río (20%)
	Hormona 3 g/L
	Sombra 30%
T6	Esquejes de ramas primarias
	Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%)
	Sin Ácido naftalenacético
	Sombra 50%
T7	Esquejes de tallos
	Tierra (100%)
	Ácido naftalenacético 3g/L
	Sombra 50%
T8	Esquejes de tallos
	Tierra agrícola (80%) + arena de río (20%)
	Sin ácido naftalenacético
	Sombra 70%
T9	Esquejes de tallos
	Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%)
	Ácido naftalenacético 2g/L
	Sombra 30%

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.4.4. Análisis estadístico

3.4.4.1. Análisis varianza

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-wilks, prueba de kolmogorov y Levene para comprobar la homocedasticidad. Se realizó la prueba Tukey con nivel de significancia al 5%. Para datos no paramétricos se utilizó la prueba Kruskal-Wallis, utilizando el software InfoStat (Balzarini et al., 2008, pp. 78-278).

3.4.4.2. Método Taguchi: Análisis regular

El análisis Taguchi consta de cuatro pasos: recogida de datos sobre la variable de respuesta, construcción de una matriz de respuesta, determinación de la mejor combinación de factores y niveles, esquema de las respuestas y predicción de la respuesta óptima.

a. Construcción de la tabla de respuesta

Los datos de las “corridas experimentales” (tratamientos) se separan por factor y nivel de estudio, con entradas dobles y efectos medios organizados en tablas.

b. Determinación de la combinación óptima de factores y niveles

La tabla de respuestas selecciona el nivel adecuado para cada factor, en función del tipo de variable: “Mayor es mejor” (por ejemplo, la productividad) o “Menor es mejor” (por ejemplo, presencias de plagas y enfermedades en un cultivo).

c. Gráfica de respuestas por factor y nivel

Los datos de la tabla de respuestas se representan mediante un gráfico de barras con los factores y los niveles en el eje X y las variables experimentales en el eje Y.

d. Predicción de la respuesta óptima (PRO)

Para predecir la respuesta óptima se usa el modelo:

$$P_{RO} = \bar{Y} + [(A_M - \bar{Y}) + (B_M - \bar{Y}) + (C_M - \bar{Y}) + \dots]$$

Donde:

PRO= Predicción de la respuesta óptima

\bar{Y} = Media general del experimento

AM, BM, CM = Factores A, B, C, ... con los mejores niveles

3.4.5. Croquis del estudio

3.4.5.1. Campo de ensayo experimental

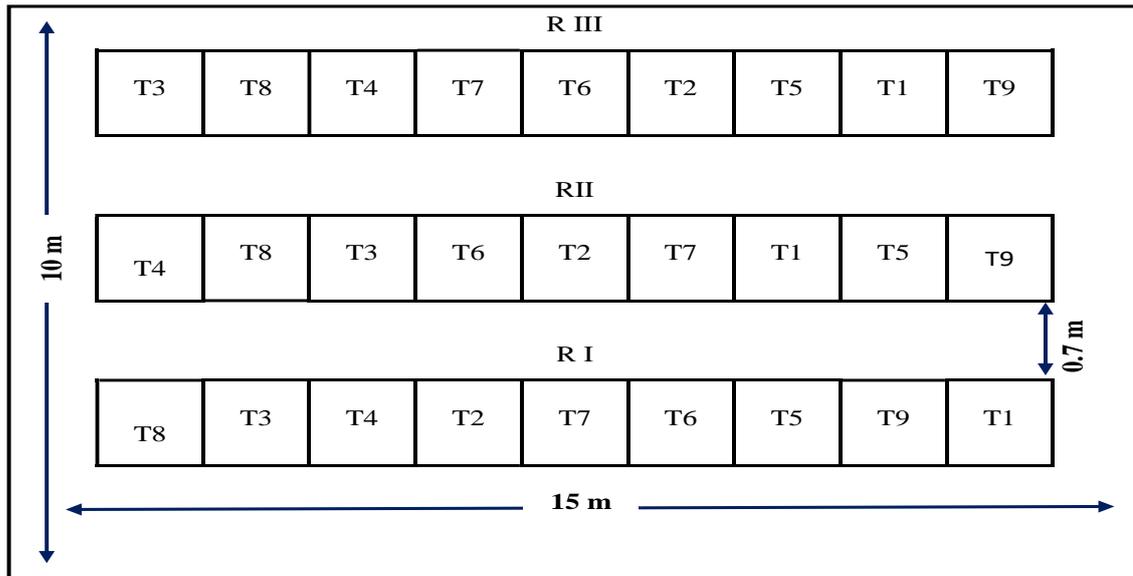


Ilustración 2-3: Croquis del campo de ensayo

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.4.5.2. Unidad experimental

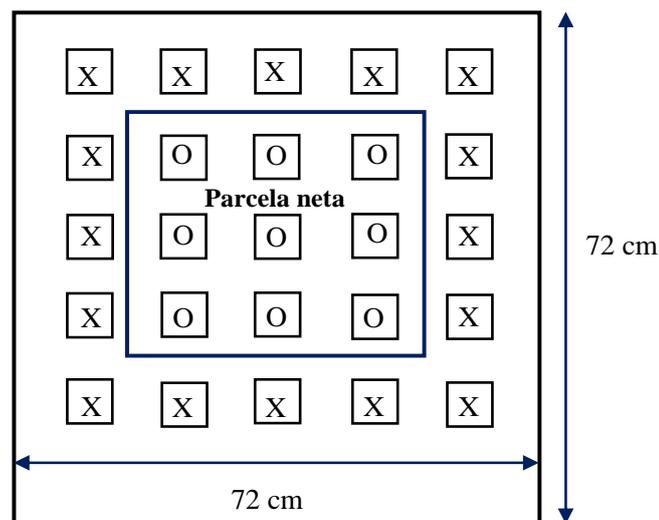


Ilustración 3-3: Croquis unidad experimental

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

3.4.6. Técnicas del experimento

3.4.6.1. Preparación del sustrato

La tierra se extrajo de la finca de la Estación Experimental Central de la Amazonia. La arena se adquirió por compra directa al igual que la cascarilla de arroz que se consiguió dentro de la ciudad la Joya de los Sachas. Se procedió a realizar las mezclas de las proporciones a emplear, preparando 12 carretilladas de tierra agrícola más 3 carretilladas de arena de río, luego se procedió a mezclar hasta homogenizar los dos sustratos agregándole cal agrícola durante la mezcla. Así mismo se preparó el segundo tipo de sustrato preparando 12 carretilladas de tierra agrícola más 3 carretilladas de cascarilla de arroz donde luego se procedió a mezclar hasta obtener un sustrato uniforme. Y para el tercer tipo de sustrato se utilizó 15 carretilladas de tierra agrícola al 100%.

3.4.6.2. Enfundado

Luego de preparar los sustratos se enfundo 225 fundas de tierra agrícola (100%), 225 fundas de tierra agrícola (80%) más arena de río (20%) y 225 fundas de tierra agrícola (80%) más cascarilla de arroz (20%). Llenando un total de 675 fundas de polietileno de 34 x 12,5 cm con 16 orificios. Finalmente se procedió a colocar las fundas dentro del vivero agrupando en parcelas de 25 unidades.

3.4.6.3. Acondicionamiento de sombra en el vivero

En el vivero se implementó tres niveles de sombra, el primer nivel con una cobertura de sarán (30% de sombra), el segundo nivel con dos coberturas de sarán (50% de sombra) y el tercer nivel con tres coberturas de sarán (70 %). Se estableció el porcentaje de sombra mediante el piranómetro portátil, este sensor mide la radiación solar expresada en W/m².

3.4.6.4. Recolección de material vegetativo

El material vegetativo fue extraído de una plantación natural ubicada en la Parroquia San Sebastián del Coca, situada a 16 km del sitio experimental. Se cortaron 23 cañas de aproximadamente tres años de edad. Para la recolección del material, primero se desinfecto las herramientas, luego se procedió a extraer tres tipos de segmentos; esquejes de tallos, esquejes de ramas primarias y ramas secundarias. Extrayendo los segmentos a partir de la sobresa hasta la parte apical de la planta (Ilustración 1-2). Para la extracción de los tallos se utilizó una sierra o segueta y para las ramas primarias y secundarias se utilizó tijeras de podar.

3.4.6.5. Sumersión de esquejes en enraizante (Ácido Naftalenacético)

Luego de haber extraído los esquejes de la caña guadua, se introdujo en diferentes dosis del enraizante Ácido Naftalenacético cuyo nombre comercial es Hormongro1. La primera dosis fue de 2 g/L, se sumergió; 75 esquejes de tallos, 75 esquejes de ramas primarias y 75 esquejes de ramas secundarias. La segunda dosis fue de 3 g/L donde se sumergió; 75 esquejes de tallos, 75 esquejes de ramas primarias y 75 esquejes de ramas secundarias. Se utilizó cuatro baldes grandes para los esquejes de ramas primarias y secundarias, empleando para la primera dosis 20 litros de agua con 40 g de enraizante y en la segunda dosis 20 litros de agua con 60g de enraizante, dividiendo en cada balde 10 litros del producto para lo sumersión de los esquejes correspondientes. Para los esquejes de tallos se empleó dos tanques aplicando para la primera dosis 40 litros de agua con 80 g de enraizante y en la segunda dosis; 40 litros de agua con 120 g de enraizante sumergiendo por un tiempo de 3 horas a todos los esquejes.

3.4.6.6. Siembra

Se procedió a sembrar los diferentes esquejes en las parcelas correspondientes, enterrando hasta el primer nudo de cada esqueje. De acuerdo con la Asociación Peruana de Bambú, se realizó la siembra con un ángulo de inclinación de 45 grados.

3.4.6.7. Riego

Se instaló un sistema de riego por aspersión donde a primeras horas de la mañana y en horas del atardecer se procedía con el riego, regando por un tiempo de 30 minutos aproximadamente hasta dejar bien humedecido. El riego se realizaba dependiendo del clima y la capacidad de campo del sustrato.

3.4.6.8. Aplicación bioestimulante y fungicidas

Se aplicó el bioestimulante kelpak a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6, T7) a las parcelas tratadas con en el enraizante Ácido Naftalenacético. Se empleó 50ml del bioestimulante en 10 litros de agua, mediante una bomba de mochila manual se roció los brotes y la parte basal del suelo en el esqueje. Se aplicó cada 15 días. En cuanto a los fungicidas se empleó el Skul-27 y el Bankit, se aplicó todos los tratamientos sin hacer excepción alguna, utilizando 16ml de fungicida en 8 litros de agua, cada 15 días.

3.4.7. Evaluación de variables

3.4.7.1. Prendimiento

El porcentaje de prendimiento se determinó contabilizando el número de esquejes vivos hasta los dos meses de haber instalado el ensayo, y se utilizó la siguiente fórmula (Aguirre, 2019, p. 67).

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Esquejes Vivos}}{\text{N}^\circ \text{ de Esquejes totales}} \times 100$$

3.4.7.2. Numero de brotes

Para esta variable se evaluó de manera directa en todos los nudos de los segmentos vegetativos, esta actividad se realizó después de 15 días de haber sembrado. Se evaluó hasta el final del ensayo en intervalos de 10 días. La evaluación de los brotes será de manera observacional contabilizando las 9 plantas designadas que se encuentran en el centro de la parcela.

3.4.7.3. Diámetro de brotes

Para evaluar el diámetro de brotes se tendrá en cuenta el nudo previamente seleccionado. Las evaluaciones se realizarán cada 10 días durante dos meses. Para la medición se empleará el calibrador pie de rey y la unidad de medida expresada en milímetros(mm). Contabilizando las nueve plantas designadas del centro de la parcela.

3.4.7.4. Longitud de brotes

La longitud del brote se evaluó desde la base del nudo hasta el ápice o punto de crecimiento más alto. Para la medición se empleó un flexómetro utilizando la unidad de medida en milímetros (mm). Así mismo se determinó un solo nudo para la evaluación, será el mismo brote que se evaluó en la variable del diámetro. Se realizó cada 10 días durante dos meses.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO

4.1. Porcentaje de prendimiento de *Guadua angustifolia*

4.1.1. Análisis Varianza

El análisis varianza (ANOVA) para el porcentaje de prendimiento durante los dos meses presentó diferencias altamente significativas (p -valor < 0,001) entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 27,11% (ANEXO N). A través de la comparación de medias de Tukey al 5% para el número de plantas prendidas (Ilustración 1-4), el tratamiento 1 (A1B1C1D1) presentó el menor porcentaje de prendimiento con una media de 21,33% mientras el tratamiento 8 (A3B2C1D3) presentó el mayor porcentaje con una media de 66,67% de éxito en prendimiento.

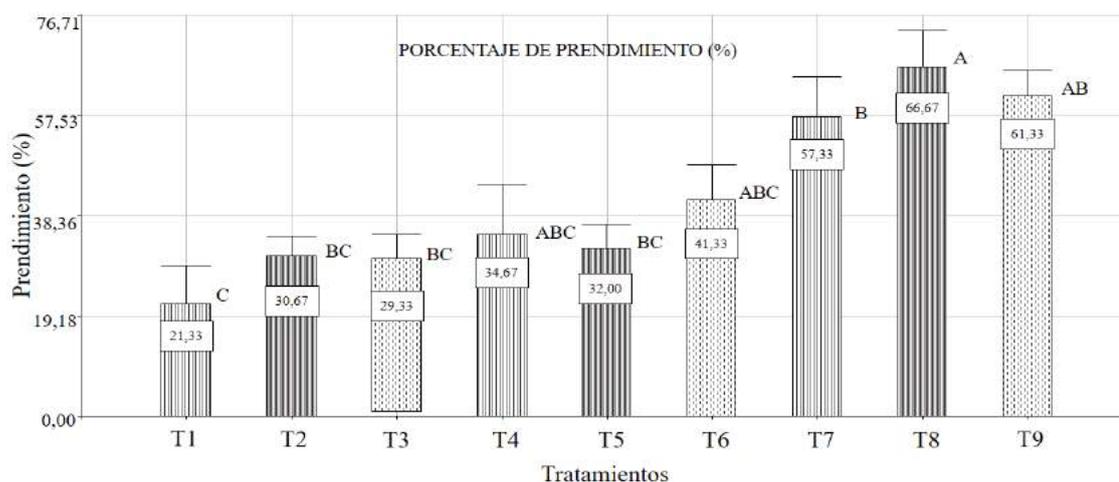


Ilustración 1-4: Porcentaje de prendimiento

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

El tratamiento 8 (Esqueje de tallo (A3), Tierra agrícola (80%) + Arena de río (20%) (B2), Sin ácido naftalenacético (C1) y Sombra 70% (D3)) presenta el mayor porcentaje de éxito para la variable respuesta “prendimiento” con el 66,67% de efectividad. Este porcentaje se encuentra cerca a los mejores rangos reportados por Montenegro (2020, p. 32) para *Guadua angustifolia* que va de 67% hasta 78 %. Para el Factor segmentos vegetativos no existen estudios con la misma especie sin embargo Mamani (2018, p. 102) recomienda el uso de la parte basal de los culmos (tallos) para el género *Guadua* debido al éxito que obtuvo (64% hasta 83%) en rebrotes.

El factor tipo de sustratos coinciden con el estudio de Vizcarra (2021, p. 17) que obtiene el mayor porcentaje de supervivencia (56%) con el sustrato de tierra agrícola (80%) + arena de río (20%). Mientras que para el factor dosis de ácido naftalenacético el resultado que obtuvo Sánchez (2017, p. 53) en un estudio realizado en la provincia de Napo coincide con el efecto nulo del ácido naftalenacético sobre el prendimiento de los segmentos vegetativos. En cuanto a sombra se han realizado estudios con niveles de 50-60% según autores Noboa (2014, p. 20) y Ardiles (2019, p. 35), ya que la sombra es un factor importante para regular la radiación solar directa y mejorar la cantidad de luz, temperatura y humedad para las plantas, logrando condiciones favorables para el desarrollo y el crecimiento de las plántulas en condiciones de vivero.

4.1.2. Análisis regular Taguchi

En el análisis del diseño Taguchi se obtuvo una nueva combinación (A3B3C1D3) que recomienda emplear esquejes de tallos (A3), sustrato de tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%) (B3), sin ácido naftalenacético (C1) y sombra al 70% (D3) (Ilustración 2-4), con este tratamiento se puede tener un rendimiento potencial de 67,56 % de prendimiento de *Guadua angustifolia*. Dicho rendimiento sería superior a la media (41,63%) y al mejor tratamiento aplicado T8 (A3B2C1D3) que tiene un porcentaje de prendimiento del 66,67%.

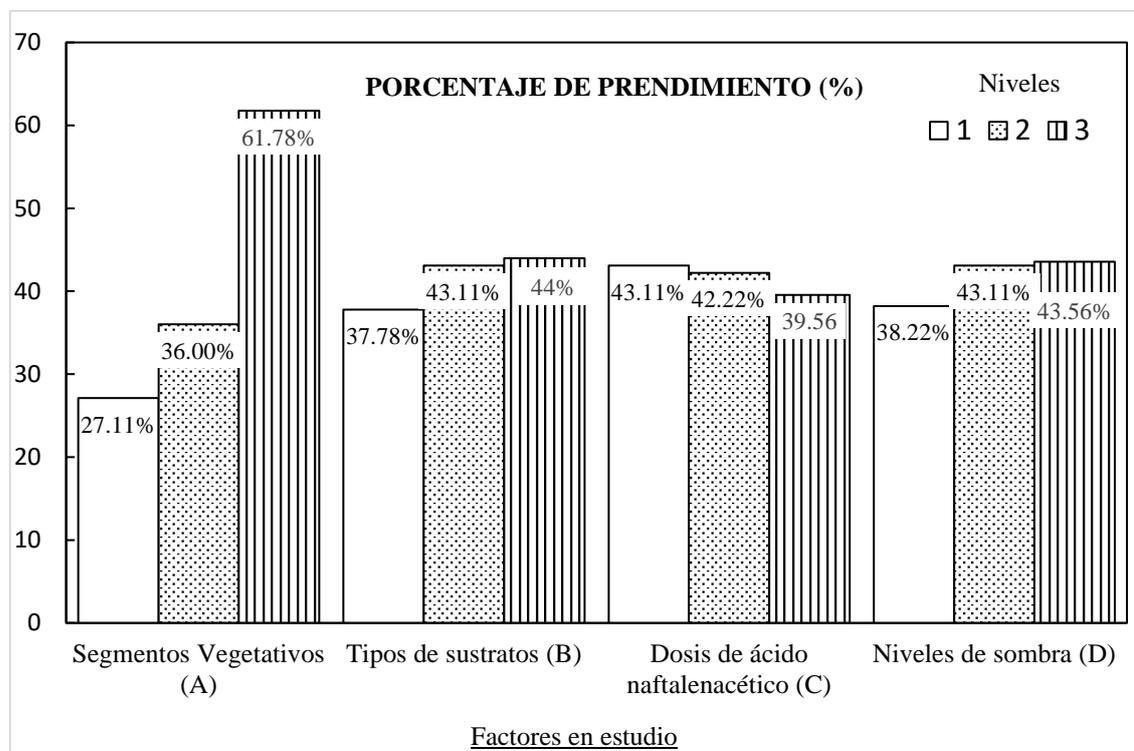


Ilustración 2-4: Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de porcentaje de prendimiento

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

4.2. Número de brotes

4.2.1. Análisis varianza

El análisis varianza (ANOVA) para el número de brotes durante 60 días presentó diferencias altamente significativas (p -valor < 0,001) entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 14,1% (ANEXO R). Mediante la comparación de medias de Tukey al 5% para el número de brotes de los esquejes (Ilustración 3-4), el tratamiento 6 (A2B3C1D2) presentó el mayor número con un promedio de 3,91.

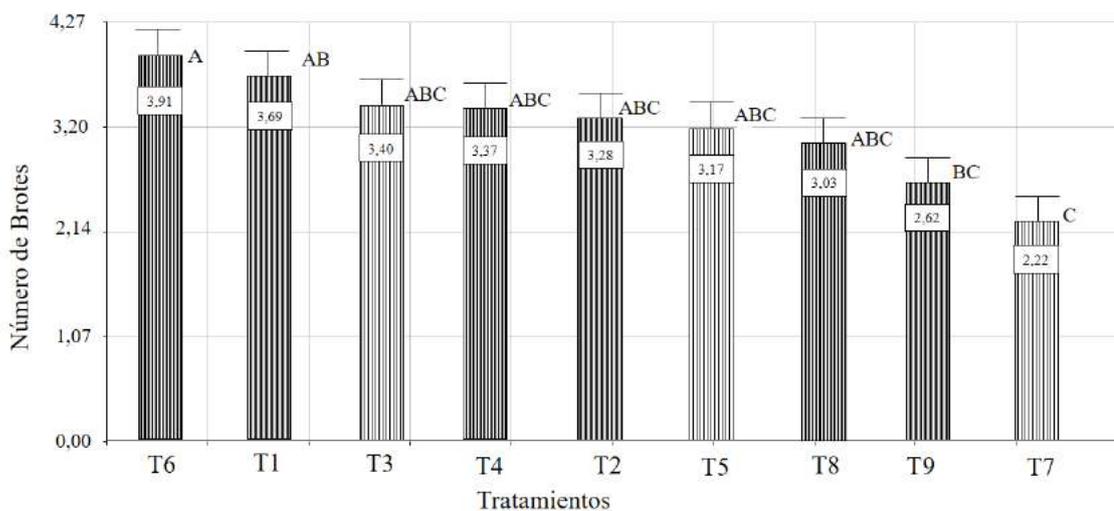


Ilustración 3-4: Promedio de número de brotes

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

El T6 (esquejes de ramas primarias (A2), Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%) (B3), sin dosis de ácido naftalenacético (C1), sombra 50% (D2)) presentó el mayor número de brotes con promedio de 3,91 (aproximadamente 4 brotes). Este promedio se encuentra en rangos similares reportado por Mamani (2018, p. 102) que obtuvo 4 brotes evaluando segmento vegetativo basal en el género guadua.

4.2.2. Análisis regular Taguchi

En el análisis del diseño Taguchi se obtuvo una nueva combinación (A2B3C1D3) que proyecta un mayor número de brotes, empleando esquejes de ramas primarias (A2), el sustrato de tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%) (B3), sin dosis ácido naftalenacético (C1) y sombra al 70% (D3) se puede tener un diámetro potencial de 4,04 número de brotes en guadua. Dicho rendimiento sería superior a la media (3,19) y al mejor tratamiento aplicado T6 (A2B3C1D2) que

tiene un número de brotes de 3,91. Sin embargo al tratarse de brotes la nueva combinación y el tratamiento darían como resultado 4 brotes por segmento vegetativo.

Efectos de factores/niveles de número de brotes (Ilustración 4-4).

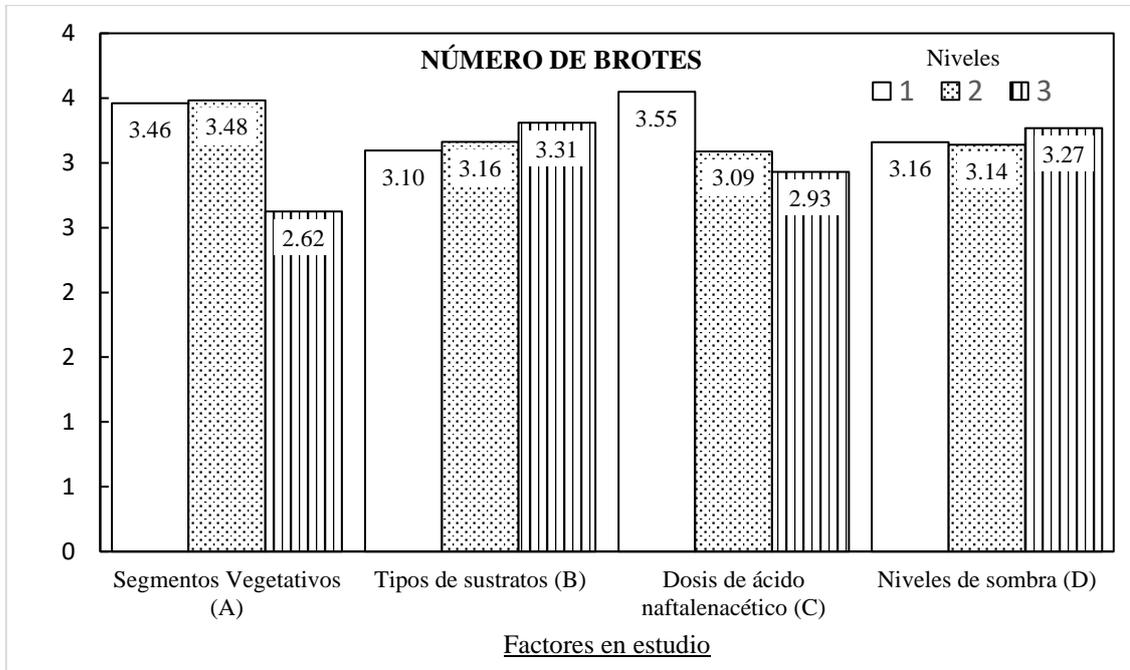


Ilustración 4-4: Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de numero de brotes

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

4.3. Longitud de brotes de *Guadua angustifolia*

4.3.1. Análisis Varianza

Se realizó el análisis de varianza no paramétrica Kruskal Wallis al verificar que los datos no cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Al comprobar que estadísticamente las medias presentan diferencia significativa ($p= 0,0081$) se realizó una comparación de medias por pares. (ANEXO V). Mediante el análisis de comparación de medias entre tratamientos el T7 (A3B1C3D2) alcanzó la mayor longitud con un promedio de 248,05 milímetros mientras que el T1 (A1B1C1D1) presentó la menor longitud con un promedio de 48,18 milímetros de largo (Ilustración 5-4).

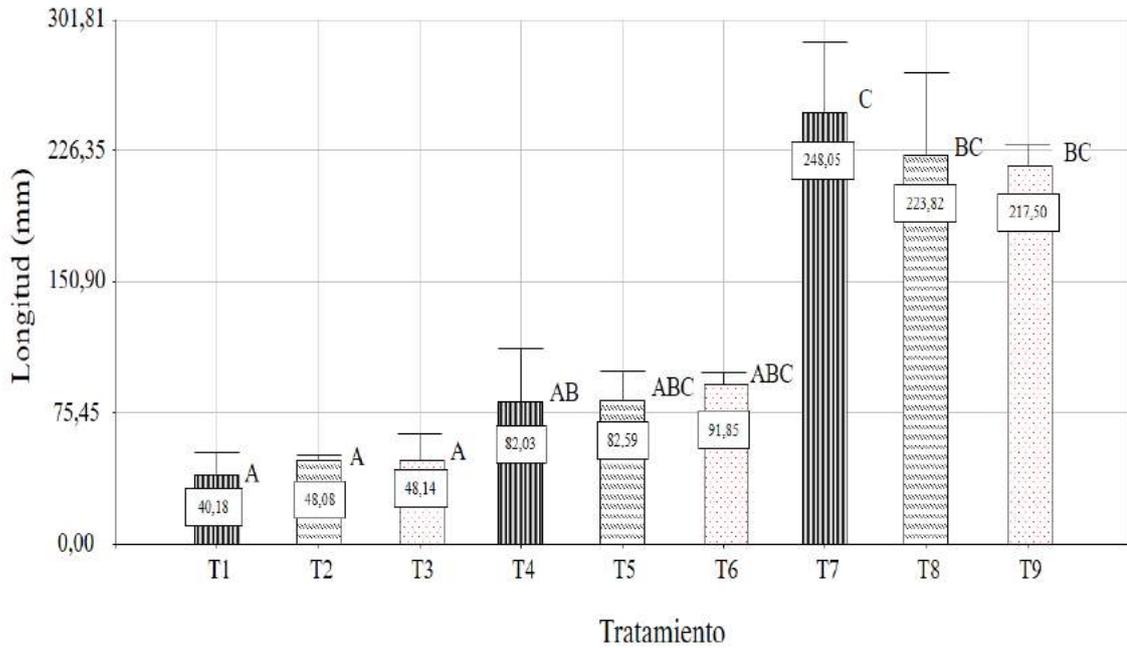


Ilustración 5-4: Longitud de los brotes de guadua

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

El tratamiento T7 (Esqueje de tallo (A3), Tierra agrícola (100%) (B1), con 3 g/L de ácido naftalenacético (C3) y sombra 50% (D2)) presentó la mayor longitud de brotes con 248,05 mm. Comparado con Ramírez (2019, p. 73) que obtuvo en su mejor tratamiento 191,8 mm utilizando 2mg/L de ácido indolbutírico y esquejes de rama a los 90 días. A diferencia con un estudio realizado por Pérez y Ríos (2019, p. 50) donde obtuvo un promedio de 315,0 mm en esquejes de tallos con ramas laterales de 20 mm a los 110 días. Sin embargo, el tiempo de evaluación es aproximadamente el doble de nuestro estudio.

4.3.2. Análisis regular Taguchi

En el análisis del diseño Taguchi el tratamiento generado coincide con el tratamiento T7 (A3B1C3D2) del ensayo inicial que emplea esquejes de tallos (A3), sustrato de tierra agrícola (100%) (B1), con 3 g/L de ácido naftalenacético (C3) y sombra al 50% (D2) se obtiene un rendimiento potencial de 278,05 mm que coincide con el análisis de varianza y comparación de medias (Ilustración 6-4) de longitud de brotes de guadua.

Efectos de factores/niveles para longitud de brotes (Ilustración 12-4).

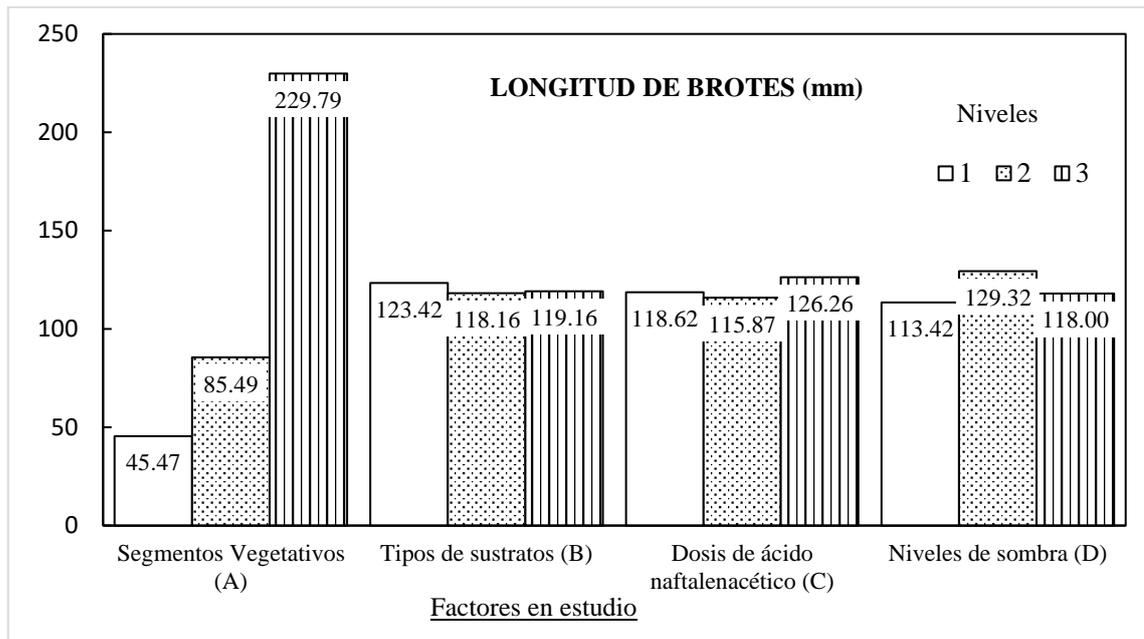


Ilustración 6-4: Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles en el crecimiento de brotes de guadua

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

4.4. Diámetro de brotes

4.4.1. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza no paramétrica Kruskal Wallis al verificar que los datos no cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Al comprobar que estadísticamente presentan diferencia ($p=0,0038$) se realizó una comparación de medias por pares (ANEXO Z). El resultado del análisis de comparación de medias (Ilustración 7-4), en el rango “A” se encuentran los tratamientos con menor diámetro, mientras que en el rango “C” se encuentra el mayor diámetro de brotes siendo el tratamiento 7 (A3B1C3D2) con una media de 12,60 mm.

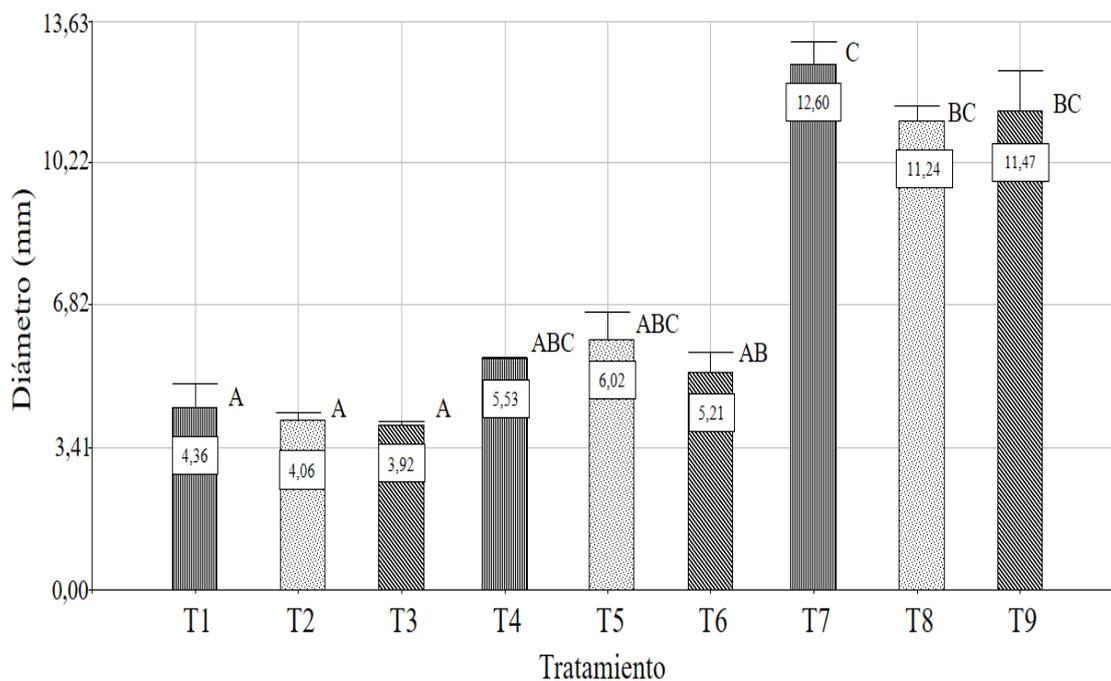


Ilustración 7-4: Diámetro de brotes de guadua

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

El T7 (esquejes de tallos (A3), Tierra agrícola (100%) (B1), con 3 g/L de ácido naftalenacético (C3), sombra 50% (D2)) presentó el mayor diámetro de brotes con promedio de 12,60 mm. En comparación con el trabajo de Pérez y Ríos (2019, p. 53) que presento rangos de 3,25 hasta 3,58 mm de diámetro utilizando esquejes de ramas y tallos a los 110 días. Ardiles (2019, p. 73) manifiesta que, en su estudio realizado a partir de esquejes de tallos en suelo agrícola, compost, aserrín y arena de rio logro alcanzar el mayor diámetro de 7,17 mm a los 60 días.

4.4.2. Análisis regular Taguchi

En el análisis del diseño Taguchi el resultado generado coincide con el tratamiento 7 (A3B1C3D2) empleando esquejes de tallos (A3), el sustrato de tierra agrícola (100%) (B1), con 3 g/L de ácido naftalenacético (C3) y sombra al 50% (D2) se obtiene un rendimiento potencial de 12,60 mm de diámetro de brotes de guadua.

Efectos de factores/niveles para el diámetro de guadua (Ilustración 8-4).

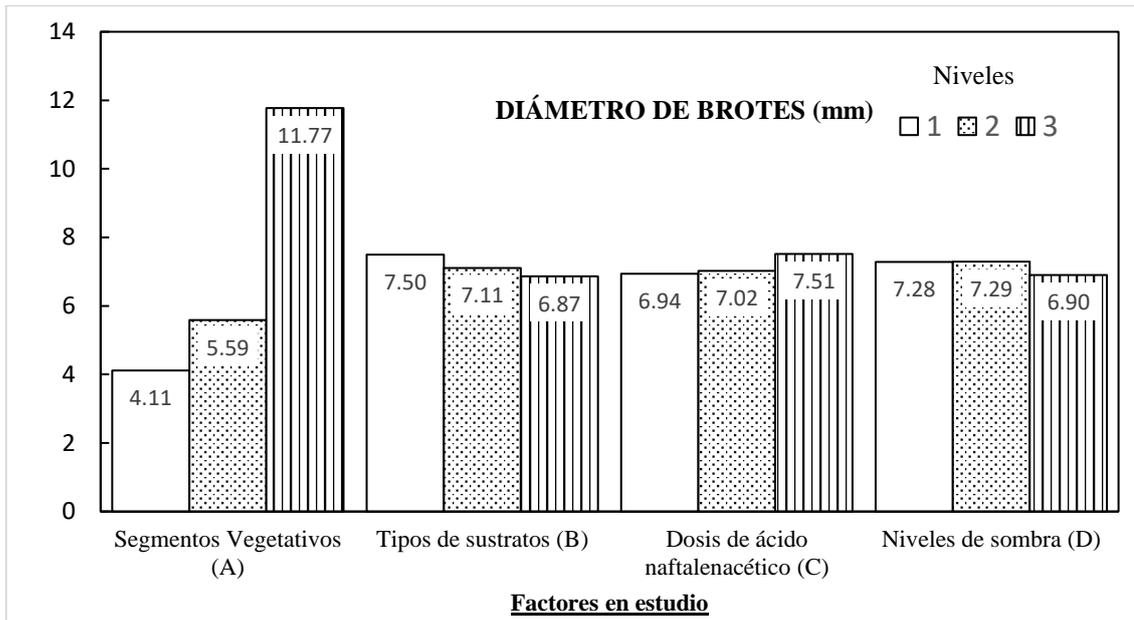


Ilustración 8-4: Representación gráfica de los efectos parciales de factores y niveles de diámetro de brotes

Realizado por: Vargas, Adrián, 2022.

CONCLUSIONES

Se determinó que el tratamiento 8 (Esquejes de tallos (A3), Tierra agrícola (80%) + Arena de río (20%) (B2), sin ácido naftalenacético (C1) y Sombra 70% (D3)) presentó el mayor porcentaje de prendimiento de *Guadua angustifolia* a los 60 días. Destacando los esquejes de tallos dentro del factor “segmentos vegetativos” debido a que fue una constante en los tratamientos (T8, T9, T7) con mejores rendimientos por lo que podemos considerar que es posible que tuvo mayor influencia en las plantas prendidas.

Se evidencio la mayor emisión de brotes en el T6 (esquejes de ramas primarias (A2), Tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%) (B3), sin dosis de ácido naftalenacético (C1), sombra 50% (D2)) obteniendo un promedio de aproximadamente 4 brotes. En cuanto a los demás tratamientos se obtuvo una media de 3 brotes en todas las parcelas experimentales.

De acuerdo con las proyecciones de Taguchi para obtener un rendimiento potencial de 67,56% en prendimiento es necesario emplear esquejes de tallos (A3), sustrato de tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%) (B3), sin ácido naftalenacético (C1) y sombra al 70% (D3).

Mientras que para obtener mayores crecimientos en diámetros la proyección de Taguchi coincide con la comparación de medias para las variables respuesta de “diámetro de brote y altura”, el mejor tratamiento (A3B1C3D2) utiliza esquejes de tallos (A3), sustrato de tierra agrícola (100%) (B1), con 3 g/L de ácido naftalenacético (C3) y sombra al 50% (D2), es probable que los mejores crecimientos se deban al uso de la fitohormona induciendo mayores crecimientos, obteniendo una longitud de 248,05 mm y un diámetro de 12,60 mm.

Los segmentos vegetativos de tallos (A3) son una constante en los tratamientos aplicados y proyecciones de Taguchi debido a esto podemos considerar que al utilizar este segmento vegetativo en posteriores ensayos tendremos mayor probabilidad de éxito en prendimiento y crecimiento.

RECOMENDACIONES

En las próximas investigaciones usar la combinación A3B3C1D3 (esquejes de tallos, tierra agrícola (80%) + cascarilla de arroz (20%), sin ácido naftalenacético y sombra al 70%, ya que esta combinación entre factores y niveles proyecta el mayor porcentaje de prendimiento en *Guadua angustifolia*.

Verificar que los esquejes lleven al menos dos yemas activas para obtener datos certeros y no alterar los tratamientos aplicados bajo diferentes factores y niveles en los ensayos investigativos.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, D.; et al. *La guadua (Guadua angustifolia) Kunth: El oro verde por descubrir* [en línea]. Bogotá D.C.-Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, 2021, pp. 14-79. [Consulta: 23 abril 2022]. ISBN: 978-958-763-478-5. Disponible en: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13238/3/Libro_La%20guadua%20%28Guardia%20angustifolia%29%20Kunth%20El%20oro%20verde%20por%20descubrir_2021.pdf.

AGUIRRE, J.; et al. “Sistemas de producción de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa oldhamii* Munro) en la sierra nororiental de Puebla, México”. *Agro Productividad* [en línea], 2018, (México) 11(8), pp. 167-175. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN: 2594-0252. Disponible en: <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/1114/951/>.

AGUIRRE, L. Efecto de dos enraizadores y tres mezclas de sustratos en la propagación vegetativa del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth.) mediante brotes de rizoma en vivero – Aucayacu (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía. Tingo María-Perú. 2019, pp. 21-67. [Consulta: 05 julio 2022]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1685/TS_LRAT_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

AÑAZCO, M. “Vulnerability of ecosystems with *Guadua angustifolia* in Ecuador in light of climate changes”. *Pesquisa Agropecuária Tropical* [en línea], 2019, (Ecuador) 49(1), pp. 1-10. [Consulta: 02 mayo 2022]. ISSN: 1517-6398. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2530/253067965058/html/>.

AÑAZCO, M.; & ROJAS, S. *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (Guadua angustifolia) en Perú* [en línea]. Quito-Ecuador: Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR), 2015b, p. 7. [Consulta: 21 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/03/2015-Estudio-de-la-cadena-desde-la-produccion-al-consumo-del-bambu-Guadua-angustifolia-en-Peru-003.pdf>.

AÑAZCO, M.; & ROJAS, S. *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia* [en línea]. Quito-Ecuador: Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR), 2015a, pp. 11-79. [Consulta: 24 abril 2022]. Disponible en: <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/03/2015-Estudio-de-la-Cadena-desde-la-Produccion-al-Consumo-del-Bmabu-en-Ecuador-.pdf>.

ARDILES, H. Evaluación de diferentes sustratos en la propagación de bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) en Kepashiato – Echarati - La Convención - Cusco (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía Tropical. Cusco-Perú. 2019, pp. 27-83. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5120/253T20190858_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ASOCIACIÓN PERUANA DEL BAMBÚ. *Métodos de propagación del bambú (Guadua angustifolia)* [en línea]. Lima-Perú: Asociación Peruana del Bambú PERUBAMBÚ, 2013, p. 2. [Consulta: 03 julio 2022]. Disponible en: [http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/pd428_06/PD%20428-06%20R.2%20\(F\)%20Propagaci%C3%B3n%20G%20Angustifolia.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/pd428_06/PD%20428-06%20R.2%20(F)%20Propagaci%C3%B3n%20G%20Angustifolia.pdf).

AUCAPIÑA, L.; & MONTOYA, I. Desarrollo social del cantón Santa Ana a través de la explotación de la caña guadúa y sus ventajas ecológicas (Proyecto de investigación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ingeniería Comercial. Guayaquil-Ecuador. 2011, pp. 10-11 [Consulta: 24 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/197/1/T-ULVR-0183.pdf>.

BALSECA, L.; et al. “Producción y comercialización de la caña guadua en la provincia de El Oro”. Conference Proceedings UTMACH [en línea], 2017, (Ecuador) 1(1), pp. 580-589. [Consulta: 23 abril 2022]. ISSN: 2588-056X. Disponible en: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/194/166>.

BALZARINI, M.; et al. *Infostat: manual del usuario* [en línea]. Córdoba-Argentina: Editorial Brujas, 2008, pp. 78-278. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Monica-Balzarini/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario/links/564b49a508ae4ae893b7b406/Infostat-manual-del-usuario.pdf.

BENAVIDES, S.; & DELEG, J. Aspectos relevantes para la identificación de la calidad en una caña guadua (Trabajo de grado) (Especialización) [en línea]. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela de Posgrados. Pereira-Colombia. 2018, p. 8. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f222612-91f6-4fee-b7fe-f715ff05e5c1/content>.

BOTERO, C. ¿Cuáles son las posibilidades constructivas de los muebles elaborados en guadua en Colombia? (Trabajo de grado) (Diseño) [en línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad Diseño Industrial, Escuela de Arquitectura y Diseño. Medellín-Colombia. 2019, p. 32. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5015/Cu%20a%20les%20son%20las%20posibilidades%20constructivas....pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BOTERO, L. *Reproducción de la Guadua angustifolia por el método de chusquines* [en línea]. Guayaquil-Ecuador: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2004, p. 9. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1489453532.pdf>.

BRICEÑO, E.; et al. *Innovación en desarrollo y manejo de plantaciones de bambú (Guadua angustifolia y otras) dentro del ámbito bioenergético y de servicios ambientales en cooperación la Red nacional de Electricidad* [en línea]. Cartago-Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018, pp. 91-92. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11071/innovacion_desarrollo_manejo_plantaciones_plantaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CAMARGO, J.; et al. “Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia”. *Recursos Naturales y Ambiente Número* [en línea], 2010, (Colombia) 1(61), pp. 86-94. [Consulta: 03 mayo 2022]. ISSN: 1659-1216. Disponible en: https://www.academia.edu/download/31952932/1_RRNA_61_Master.pdf#page=84.

CASTIBLANCO, L.; & TORRES, H. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de *Guadua angustifolia* en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie (Trabajo de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Bogotá D.C.-Colombia. 2020, pp. 35-36. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25180/1/Trabajo%20de%20Grado-Guadua%20Entrega%20Final%20BIBL.pdf>.

CÉSPEDES, N.; et al. “Análisis del Desarrollo Innovador para el Aprovechamiento de la (*Guadua angustifolia* Kunth) en la Sustitución de Cultivos Ilícitos”. *Ciencia en Desarrollo* [en línea], 2020, (Colombia) 11(2), pp. 97-109. [Consulta: 23 abril 2022]. ISSN: 0121-7488. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v11n2/0121-7488-cide-11-02-97.pdf>.

CEVALLOS, C. La caña Guadua y su uso en la arquitectura: Intervención en la arquitectura vernácula y la arquitectura contemporánea en varios cantones de la Provincia de Manabí, Ecuador (Trabajo de investigación) (Maestría) [en línea]. Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Valladolid-España. 2020, p. 10. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44384/TFM-A-058.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CORTÉS, G. *Bambú: la palabra, los conceptos y el origen* [en línea]. México: Bambúes de México, 2011, p. 1. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/13191195-Bambu-la-palabra-los-conceptos-y-el-origen.html>.

COTRINA, D. Propagación vegetativa de ramas laterales y chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth. Utilizando enraizante Root-hoor en condiciones de vivero en Amazonas (Tesis) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. Jaén-Perú. 2017. p. 30. [Consulta: 27 mayo 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/35705161/PROPAGACION_VEGETATIVA_DE_RAMAS_LATERALES_Y_CHUSQUINES_DE_Guadua_angustifolia_Kunth_UTILIZANDO_ENRAIZANTE_ROOT_HOOR_EN_CONDICIONES_DE_VIVERO_EN_AMAZONAS.

DE LA ROSA, W.; & VARGAS, W. Identificación y Análisis de Patologías en la *Guadua angustifolia* kunth utilizada en la construcción (Trabajo de Grado) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Bogotá D.C.-Colombia. 2019. p. 21. [Consulta: 25 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24431/2/505370-De-la-Rosa-CubillosWJ-y-505396-Vargas-Rinc%C3%B3nWX-TdeG.pdf>.

DEL AMO, S.; et al. *Germinación y manejo de especies forestales tropicales* [en línea]. Veracruz-México: Universidad Veracruzana, 2009, p. 20. [Consulta: 21 julio 2022]. ISBN: 978-607-7605-57-7. Disponible en: <https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/FC130/121/381-1>.

DÍAZ, M. *Los Biorreguladores de Crecimiento en las Plantas* [en línea]. México: Intagri S.C., 2017. [Consulta: 07 junio 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/los-biorreguladores-de-crecimiento-en-las-plantas>.

DÍAZ, Y.; et al. *Manual Técnico del bambú para productores (Guadua angustifolia kunth)* [en línea]. Amazonas-Perú: Universidad de Sassari - Fundación AVSI, 2017, pp. 23-24. [Consulta: 03 junio 2022]. ISBN: 978-612-47528-0-3. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/372716454/Manual-Tecnico-del-Bambu-para-Productores-pdf>.

DUEÑAS, A. Evaluación de la infiltración en plantaciones de bambú o caña de Guayaquil (*Guadua angustifolia*) en el distrito La Florida, San Miguel – Cajamarca (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima-Perú. 2019, p. 10. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3902/du%C3%B1as-de-la-cruz-ana-cecilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ESPINOZA, E.; & LOAYZA, M. Análisis correlacional de los factores cualitativos que inciden en la producción exportable de derivados de Caña Guadua al mercado europeo (Tesis) (Ingeniería) [En línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas, Comercio Exterior. Guayaquil-Ecuador. 2018, pp. 17-18. [Consulta: 25 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/30233/1/AN%C3%81LISIS%20CORRELACIONAL%20DE%20LOS%20FACTORES%20CUALITATIVOS%20QUE%20INCIDEN%20EN%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20EXPORTABLE%20DE%20DERIVADOS%20DE%20CA%C3%91A%20GUADUA%20AL%20MERCADO%20EUROPEO.pdf>.

GALLARDO, J.; et al. “Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2008, (Cuba) 29(1), pp. 17-22. [Consulta: 12 julio 2022]. ISSN: 0258-5936. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v29n1/ctr030108.pdf>.

GARCÍA, M. *El pasto gigante que gana adeptos entre los productores uruguayos* [en línea]. Montevideo-Uruguay: El Observador, 2020, p. 3. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: <https://bambudeleste.com.uy/wp/wp-content/uploads/2020/07/Bambu-el-pasto-gigante-Nota-El-observador.pdf>.

GARCÍA, Y.; et al. “Propagación *in vitro* de bambúes”. *Biotecnología Vegetal* [en línea], 2011, (Cuba) 11(3), pp. 131-142. [Consulta: 24 abril 2022]. ISSN: 1609-1841. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/237>.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN SEBASTIÁN DEL COCA. *Clima* [en línea]. San Sebastián del Coca-Ecuador: Gobierno

Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Sebastián del Coca, 2019. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <https://sansebastiandelcoca.gob.ec/la-parroquia/datos-generales/84-clima.html>.

GÓMEZ, R. *¿Qué Enfermedades y Plagas Atacan al Bambú?: [Identificar y Tratarlas]* [blog]. Sembrar100, 2020. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.sembrar100.com/arboles/bambu/enfermedades-y-plagas/>.

GONZALES, H. *Elaboración de una propuesta para el aprovechamiento y la transformación del bambú en el ámbito del PRODAPP (Puerto IncaOxapampa)* [en línea]. La Molina-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005, pp. 2-5. [Consulta: 10 mayo 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/8075838/BAMB%C3%9A_APROVECHAMIENTO_Y_TRANSFORMACION%3%93N_EN_%C3%81MBITO_DE_PRODAPP_Puerto_Inca-Oxapampa_.

GUERRERO, J.; & MINDIOLA, L. Análisis de la responsabilidad social ambiental (RSA) en los productores y comercializadores de Bambú, en el Litoral costero de la zona 5 del Ecuador (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas, Carrera Ingeniería en Comercio Exterior. Guayaquil-Ecuador. 2018. pp. 35-44. [Consulta: 23 mayo 2022]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35799/1/TESIS_GUERRERO_MINDIOLA.pdf.

HERNÁNDEZ, A.; et al. “La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad”. Revista de La Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa [en línea], 2015, (Argentina) 23(37), pp. 65-83. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN: 1853-9777. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/11986>.

HORNA, J. Propagación de *Guadua angustifolia* Kunth mediante ramas laterales de diferentes diámetros inducidas con enraizante Kelpak, en diferentes sustratos, en San Lorenzo, Colasay, Jaén (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de Jaén, Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental. Jaén-Perú. 2021, pp. 8-33. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/205/1/Horna_DJJ.pdf.

JÁCOME, P. “Simposio Internacional del Bambú y la Guadua, “Consolidando regiones desde la Mitad del Mundo””. Revista Ciencia [en línea], 2020, (Ecuador) 22(1), pp. 7-10). [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN: 1390-1117. Disponible en: <https://cupdf.com/document/revista-ciencia-espe.html>.

LIAN, J.; & PLASENCIA, S. Efecto de niveles de los microorganismos de montaña en el desarrollo y crecimiento de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) a nivel de vivero en Chanchamayo (Tesis) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía. La Merced-Perú. 2017. p. 24. [Consulta: 25 mayo 2022]. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1918/1/T026_44556266_T.pdf.

MAMANI, J. Evaluación de la propagación de bambú (*Guadua Angustifolia* kunth y *Guadua Angustifolia* Bicolor) con diferentes segmentos vegetativos en la Estación Experimental de Sapecho provincia Sud Yungas departamento de La Paz (Tesis de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. 2018, p. 102. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/20211>.

MEJÍA, A.; et al. Plantas del género *Bambusa*: importancia y aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. *Vitae* [en línea], 2009, (Colombia) 16(3), pp. 396-405. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN: 0121-4004. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169813261014>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Ecuador: Estrategia nacional del bambú 2018-2022* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mesa Sectorial del Bambú, Red Internacional del Bambú y el Ratán, 2019, p. 14. [Consulta: 30 abril 2022]. ISBN: 978-9942-8753-0-3. Disponible en: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2019/03/estrategia-nacional-bambc3ba-2018-2022-versic3b3n-resumida.pdf>.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. *Manual de Vivero* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Ministerio de Agroindustria, 2018, p. 19. [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. *Estructuras de guadúa (GaK)* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2017, p. 1. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>.

MONTENEGRO, K. Impacto de Cinco Sustratos en la Propagación por Esquejes de Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), en la Provincia de Jaén – Cajamarca (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de Jaén, Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental. Jaén-Perú. 2020, p. 32. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <http://localhost/jspui/handle/UNJ/167>.

NAPOLEÓN, J.; & CRUZ, M. *Guía técnica de semilleros y viveros frutales* [en línea]. Santa Tecla-El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2005, p. 11. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>.

NAVALL, M. *El Vivero Forestal: guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase* [en línea]. Santiago del Estero-Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2006, p. 6. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-viveroforestal.pdf>.

NOBOA, J. Evaluación de varios tipos de sustratos en la reproducción de plántulas de Caña guadua (*Guadua angustifolia*) en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos (Tesis de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. 2014, p. 20. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/725/T-UTB-FACIAG-AGR-000130.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OLIVA, M.; et al. *Vivero forestal para producción de plántulas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú* [en línea]. Chachapoyas-Perú: International Tropical Timber Organization, 2014, p. 12. [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2993/Technical/2%20Manual%20produccion%20vivero%20forestal.pdf.

PÉREZ, D.; & RÍOS, P. Influencia del diámetro de esquejes para la propagación vegetativa de bambú guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) a nivel de vivero en Chanchamayo (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía. La Merced-Perú. 2019, pp. 50-53. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1917/1/T026_43247136_T.pdf.

RAMÍREZ, R. Propagación clonal de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) con diferentes dosis de ácido indolbutírico en cámara de invernadero, Tingo María (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Ingeniería

Forestal. Tingo-María. 2019, pp. 73-74. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1438/RRR_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

RAMOS, L.; & TORRES, M. Revisión de la literatura para hallar los factores determinantes en la producción y uso de la guadua (Trabajo de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial Alternativa Auxiliar de Investigación. Bogotá D.C.-Colombia. 2018, pp. 41-42. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22664/1/REVISI%C3%93N%20DE%20LA%20LITERATURA%20PARA%20HALLAR%20LOS%20FACTORES%20DETERMINANTES%20EN%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20Y%20USO%20DE%20LA%20GUA.pdf>.

REYES, P. *Diseño de experimentos de Taguchi* [en línea]. 2008, p. 3. [Consulta: 05 julio 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/14837009/DISE%C3%91O_DE_EXPERIMENTOS_DE_TAGUCHI.

RODRÍGUEZ, R. *Manual de prácticas de viveros* [en línea]. Hidalgo-México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2010, pp. 9-22. [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/2.pdf.

SÁNCHEZ, A. Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bambú), en el vivero Bambunet del cantón Archidona, provincia de Napo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2017, p. 53. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/7665/1/33T0171.pdf>.

SÁNCHEZ, S. Sustratos, tamaño de recipiente y ambiente de cultivo en el crecimiento inicial de *Cariniana pyriformis* Miers (Trabajo de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa de Ingeniería Forestal. Bogotá D.C.-Colombia. 2017a, p. 5. [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13082/S%C3%A1nchezQuinteroShallonNatalia2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SERFOR/INBAR. *Manual técnico de la Caña Guayaquil (Guadua angustifolia) - Sistematización de experiencias en la región Piura* [en línea]. Lima-Perú: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-Red Internacional del Bambú y el Ratán, 2018, p. 50. [Consulta: 05 julio 2022]. Disponible en: https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/manual-tecnico-de-la-cana-de-guayaquil-sistematizacion-piura-spanish/.

SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE. *Manual de manejo integral del bambú (Guadua angustifolia Kunth)* [en línea]. Lima-Perú: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), 2021, pp. 18-33. [Consulta: 13 mayo 2022]. Disponible en:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2364306/Manual%20de%20manejo%20integral%20del%20bambu%CC%81%20%28pag%29.pdf.pdf>.

TICONA, J.; & MAMANI, J. “Evaluación de la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Guadua angustifolia* bicolor) con diferentes segmentos vegetativos en la estación experimental Sapecho”. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* [en línea], 2019, (Bolivia) 6(1), pp. 16-23. [Consulta: 23 abril 2022]. ISSN: 2409-1618. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/riiar/v6n1/v6n1_a04.pdf.

TORRES, E. *Bambú, una cultura y una evolución, cuatro conceptos-tres arquitecturas* [en línea]. Madrid-España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2017, p. 13. [Consulta: 11 mayo 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/47077/1/TFG_Torres_Franco_Erika.pdf.

VALDIVIEZO, A. “El bambú en México”. *Arq. Urb* [en línea], 2011, (México) 1(6), pp. 223-243. [Consulta: 10 mayo 2022]. ISSN: 1984-5766. Disponible en: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/download/317/287>.

VARELA, S.; et al. “Sustratos alternativos en la producción de plantines forestales”. *Presencia* [en línea], 2013, (Argentina) 1(60), pp. 36-39. [Consulta: 11 julio 2022]. ISSN: 0326-7040. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/52482646.pdf>.

VELÁZQUEZ, B. *Optimización de los procesos de extracción de biomasa sólida para uso energético* [en línea]. Madrid-España: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), 2022, p. 91. [Consulta: 29 mayo 2022]. ISBN: 978-84-15413-44-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Victor-Nunez-Retana/publication/357861845_OPTIMIZACION_DE_LOS_PROCESOS_DE_EXTRACCION

[_DE_BIOMASA_SOLIDA_PARA_USO_ENERGETICO/links/61e5db008d338833e378048c/OPTIMIZACION-DE-LOS-PROCESOS-DE-EXTRACCION-DE-BIOMASA-SOLIDA-PARA-USO-ENERGETICO.pdf](#).

VIZCARRA, C. Efectos de cuatro sustratos en la propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* Kunth mediante el método de chusquines (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería Forestal. Jipijapa-Ecuador. 2021, p. 17. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2941/1/CRISTHIAN%20VIZCARRA.pdf>.

WALLE, R. *Módulo de viveros* [en línea]. Tegucigalpa-Honduras: Zamorano, 2003, pp. 28-29. [Consulta: 15 junio 2022]. ISBN: 99926-670-9-5. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0475722d-bb5b-48ea-a2b6-9a2b9032c446/content>.

ZAMBRANO, F. Beneficio de los enraizantes en la propagación vegetativa de esquejes de Caña guadúa (*Guadua angustifolia*) en el Ecuador (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo-Ecuador. 2020. pp. 11-17. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8007/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000067.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ZAPATA, A.; & SARACHE, W. “Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi”. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea], 2014, (Chile) 22(1), pp. 116-124. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN: 0718-3305. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-33052014000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE SUSTRATO



ANEXO B: PREPARACIÓN DEL SUSTRATO



ANEXO C: ENFUNDADO DEL SUSTRATO Y UBICACIÓN DE LAS FUNDAS



ANEXO D: ACONDICIONAMIENTO DE SOMBRA CON MALLA SARÁN



ANEXO E: RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETATIVO DE *Guadua angustifolia*



ANEXO F: SEGMENTOS VEGETATIVOS



ANEXO J: RECOLECCIÓN DE DATOS



ANEXO K: CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE TALLOS



ANEXO L: CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE RAMAS PRIMARIAS



ANEXO M: CRECIMIENTO DE BROTES EN ESQUEJES DE RAMAS SECUNDARIAS





ANEXO N: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	6258,96	8	782,37	6,14	0,0007	
Código	6258,96	8	782,37	6,14	0,0007	**
Error	2293,33	18	127,41			
Total	8552,3	26				
C.V%	27,11					

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; < 0,05 y > 0,01 *: significativo; < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

ANEXO O: PRUEBA DE TUKEY AL 5%

Código	Medias	n	E.E.			
A3B2C1D3	66,67	3	6,52	A		
A3B3C2D1	61,33	3	6,52	A	B	
A3B1C3D2	57,33	3	6,52	A	B	
A2B3C1D2	41,33	3	6,52	A	B	C
A2B1C2D3	34,67	3	6,52	A	B	C
A2B2C3D1	32	3	6,52		B	C
A1B2C2D2	30,67	3	6,52		B	C
A1B3C3D3	29,33	3	6,52		B	C
A1B1C1D1	21,33	3	6,52			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO P: PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LOS SEGMENTOS VEGETATIVOS

DE *Guadua angustifolia*

Análisis regular Taguchi

Tratamiento	Código	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1C1D1	16,00	36,00	12,00	64,00	21,33
T2	A1B2C2D2	36,00	32,00	24,00	92,00	30,67
T3	A1B3C3D3	40,00	24,00	24,00	88,00	29,33

T4	A2B1C2D3	16,00	48,00	40,00	104,00	34,67
T5	A2B2C3D1	40,00	24,00	32,00	96,00	32,00
T6	A2B3C1D2	28,00	48,00	48,00	124,00	41,33
T7	A3B1C3D2	72,00	48,00	52,00	172,00	57,33
T8	A3B2C1D3	64,00	80,00	56,00	200,00	66,67
T9	A3B3C2D1	68,00	64,00	52,00	184,00	61,33
	Suma	380,0	404,00	340,00	1124,00	374,67
	Media	42,22	44,89	37,78	124,89	41,63

ANEXO Q: TABLA RESPUESTA DE LOS EFECTOS DE LOS FACTORES Y NIVELES DE PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

Análisis regular Taguchi

Niveles	A. Segmentos Vegetativos	B. Tipos de sustratos	C. Dosis de ácido naftalenacético	D. Niveles de sombra	Suma	Promedio
1	27,11	37,78	43,11	38,22	146,22	36,56
2	36,00	43,11	42,22	43,11	164,44	41,11
3	61,78	44,00	39,56	43,56	188,89	47,22
Suma	124,89	124,89	124,89	124,89	499,56	124,89
Media	41,63	41,63	41,63	41,63	166,52	41,63

ANEXO R: ANÁLISIS VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE BROTES

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	6,47	8	0,81	4	0,0069	
Código	6,47	8	0,81	4	0,0069	**
Error	3,64	18	0,2			
Total	10,11	26				
C.V%	14,1					

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; < 0,05 y > 0,01 *: significativo; < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

ANEXO S: PRUEBA DE TUKEY AL 5%

Código	Medias	n	E.E.			
A2B3C1D2	3,91	3	0,26	A		
A1B1C1D1	3,69	3	0,26	A	B	
A1B3C3D3	3,4	3	0,26	A	B	C
A2B1C2D3	3,37	3	0,26	A	B	C
A1B2C2D2	3,28	3	0,26	A	B	C
A2B2C3D1	3,17	3	0,26	A	B	C
A3B2C1D3	3,03	3	0,26	A	B	C
A3B3C2D1	2,62	3	0,26		B	C
A3B1C3D2	2,22	3	0,26			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO T: NÚMERO DE BROTES

Análisis regular Taguchi

Tratamiento	Código	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1C1D1	3,75	3,33	4,00	11,08	3,69
T2	A1B2C2D2	3,44	2,80	3,60	9,84	3,28
T3	A1B3C3D3	3,29	3,75	3,17	10,20	3,40
T4	A2B1C2D3	3,75	2,86	3,50	10,11	3,37
T5	A2B2C3D1	3,50	3,00	3,00	9,50	3,17
T6	A2B3C1D2	3,14	4,00	4,60	11,74	3,91
T7	A3B1C3D2	2,00	2,33	2,33	6,67	2,22
T8	A3B2C1D3	3,57	2,20	3,33	9,10	3,03
T9	A3B3C2D1	2,43	2,75	2,67	7,85	2,62
	Suma	28,9	27,02	30,20	86,10	28,70
	Media	3,21	3,00	3,36	9,57	3,19

Realizado por: Vargas Adrian, 2022

ANEXO U: TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN EL NÚMERO DE BROTES

Análisis regular Taguchi

Niveles	A. Segmentos Vegetativos	B. Tipos de sustratos	C. Dosis de ácido naftalenacético	D. Niveles de sombra	Suma	Promedio
1	3,46	3,10	3,55	3,16	13,26	3,32
2	3,48	3,16	3,09	3,14	12,87	3,22
3	2,62	3,31	2,93	3,27	12,13	3,03
Suma	9,57	9,57	9,57	9,57	38,27	9,57
Media	3,19	3,19	3,19	3,19	12,76	3,19

ANEXO V: PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA LONGITUD DE BROTES

Variable	Código	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	H	p
Longitud (mm)	A1B1C1D1	3	40,18	22,31	40,17	5	8	20,66	0,0081
Longitud (mm)	A1B2C2D2	3	48,08	5,28	47,61	7,33			
Longitud (mm)	A1B3C3D3	3	48,14	26,29	40,68	6,33			
Longitud (mm)	A2B1C2D3	3	82,03	52,52	73,56	11			
Longitud (mm)	A2B2C3D1	3	82,59	29,34	96,44	13			
Longitud (mm)	A2B3C1D2	3	91,85	12,35	90,03	14,67			
Longitud (mm)	A3B1C3D2	3	248,05	70,47	244,25	24			
Longitud (mm)	A3B2C1D3	3	223,82	83,04	243,99	22,67			
Longitud (mm)	A3B3C2D1	3	217,5	20,91	210,17	22			

ANEXO W: ANÁLISIS DE MEDIAS EN KRUSKAL WALLIS

Tratamiento	Medias	Ranks			
A1B1C1D1	40,18	5	A		
A1B3C3D3	48,14	6,33	A		
A1B2C2D2	48,08	7,33	A		
A2B1C2D3	82,03	11	A	B	
A2B2C3D1	82,59	13	A	B	C
A2B3C1D2	91,85	14,67	A	B	C
A3B3C2D1	217,5	22		B	C
A3B2C1D3	223,82	22,67		B	C
A3B1C3D2	248,05	24			C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					

ANEXO X: LONGITUD DE BROTES DE ESQUEJES DE GUADUA

Análisis regular Taguchi

Tratamiento	Código	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1C1D1	I	II	III	120,53	40,18
T2	A1B2C2D2	40,17	62,49	17,87	144,23	48,08
T3	A1B3C3D3	43,05	47,61	53,57	144,43	48,14
T4	A2B1C2D3	77,36	40,68	26,39	246,08	82,03
T5	A2B2C3D1	73,56	34,25	138,27	247,75	82,58
T6	A2B3C1D2	96,44	48,88	102,44	275,56	91,85
T7	A3B1C3D2	105,01	80,51	90,03	744,14	248,05
T8	A3B2C1D3	179,55	320,34	244,25	671,47	223,82
T9	A3B3C2D1	132,56	294,92	243,99	652,50	217,50
	Suma	210,17	241,09	201,25	3246,69	1082,23
	Media	957,9	1170,77	1118,06	360,74	120,25

ANEXO Y: TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN LA LONGITUD DE BROTES

Análisis regular Taguchi

Niveles	A. Segmentos Vegetativos	B. Tipos de sustratos	C. Dosis de ácido naftalenacético	D. Niveles de sombra	Suma	Promedio
1	45,47	123,42	118,62	113,42	400,92	100,23
2	85,49	118,16	115,87	129,32	448,84	112,21
3	229,79	119,16	126,26	118,00	593,21	148,30
Suma	360,74	360,74	360,74	360,74	1442,97	360,74
Media	120,25	120,25	120,25	120,25	480,99	120,25

ANEXO Z: PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA EL DIÁMETRO DE BROTES

Variable	Código	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio	gl	H	p
Diámetro	A1B1C1D1	3	4,36	1,03	4,8	7,33	8	22,69	0,0038
Diámetro	A1B2C2D2	3	4,06	0,27	3,92	5,67			
Diámetro	A1B3C3D3	3	3,92	0,19	3,82	3,67			
Diámetro	A2B1C2D3	3	5,53	0,11	5,47	14			
Diámetro	A2B2C3D1	3	6,02	1,08	6,59	14,67			
Diámetro	A2B3C1D2	3	5,21	0,82	5,36	11,67			
Diámetro	A3B1C3D2	3	12,6	0,97	12,19	24,67			
Diámetro	A3B2C1D3	3	11,24	0,65	11,32	21			
Diámetro	A3B3C2D1	3	11,47	1,68	12,24	23,33			

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; < 0,05 y > 0,01 *: significativo; < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

ANEXO AA: ANÁLISIS DE MEDIA EN KRUSKAL WALLIS

Tratamiento	Medias	Ranks			
A1B3C3D3	3,92	3,67	A		
A1B2C2D2	4,06	5,67	A		
A1B1C1D1	4,36	7,33	A		
A2B3C1D2	5,21	11,67	A	B	
A2B1C2D3	5,53	14	A	B	C
A2B2C3D1	6,02	14,67	A	B	C
A3B2C1D3	11,24	21		B	C
A3B3C2D1	11,47	23,33		B	C
A3B1C3D2	12,6	24,67			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO BB: PROMEDIO DE DIÁMETRO DE BROTES

Análisis regular Taguchi

Tratamiento	Código	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1C1D1	5,09	4,80	3,18	13,08	4,36
T2	A1B2C2D2	4,38	3,92	3,89	12,19	4,06
T3	A1B3C3D3	3,80	4,14	3,82	11,76	3,92
T4	A2B1C2D3	5,47	5,65	5,46	16,58	5,53
T5	A2B2C3D1	6,59	4,77	6,69	18,05	6,02
T6	A2B3C1D2	5,95	4,33	5,36	15,64	5,21
T7	A3B1C3D2	11,90	12,19	13,71	37,80	12,60
T8	A3B2C1D3	10,56	11,32	11,85	33,73	11,24
T9	A3B3C2D1	9,54	12,62	12,24	34,40	11,47
	Suma	63,3	63,76	66,21	193,25	64,42
	Media	7,03	7,08	7,36	21,47	7,16

**ANEXO CC: TABLA RESPUESTA DE LOS FACTORES Y NIVELES EN EL DIÁMETRO
DE BROTES**

Análisis regular Taguchi

Niveles	A. Segmentos Vegetativos	B. Tipos de sustratos	C. Dosis de ácido naftalenacético	D. Niveles de sombra	Suma	Promedio
1	4,11	7,50	6,94	7,28	25,83	6,46
2	5,59	7,11	7,02	7,29	27,01	6,75
3	11,77	6,87	7,51	6,90	33,05	8,26
Suma	21,47	21,47	21,47	21,47	85,89	21,47
Media	7,16	7,16	7,16	7,16	28,63	7,16



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Adrián Rodrigo Vargas Astudillo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo Medina

07/02-2023



2488-DBRA-UTP-2022