UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

EFECTO DE ESTIMULADORES DE ENRAIZAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) OBTENIDAS A PARTIR DE ESQUEJES, EN PUCALLPA.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

CLAUDIA XIMENA ROJAS GONZALES

Pucallpa – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°014-2026-CGT- FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 10:00 am del día 18 de Setiembre del 2026, de acuerdo con el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales Y ambientales, siendo designados con memo múltiple N°027-2026-UNU-FCFy-A-CGT conformado por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos	Presidente
Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Miembro
Dr. Cesar Mori Montero	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la Tesis denominada: **"EFECTO DE ESTIMULADORES DE ENRAIZAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BAMBÚ(Gradua Angustifolia y Gradua Superba) OBTENIDAS A PARTIR DE ESQUEJES, EN PUCALLPA"** presentado por la Bachiller en Ciencias Forestales **CLAUDIA XIMENA ROJAS GONZALES,** asesorada por el Dr. Rubén Darío Manturano Pérez, habiendo finalizando la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, que fueron absueltos por la sustentante, en consecuencia la tesis fue APROBADA por UNANIMIDAD, quedando expedido para el otorgamiento del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL.**

Siendo las 11:10 am horas del mismo día, se dio por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos
Presidente

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Miembro

Dr. Cesar Mori Montero
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos
Presidente

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Miembro

Dr. Cesar Mori Montero
Miembro

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez
Asesor

Bach. Claudia Ximena Rojas Gonzales
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/682-2025**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EFECTO DE ESTIMULADORES DE ENRAIZAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) OBTENIDAS A PARTIR DE ESQUEJES, EN PUCALLPA**"

Autor(es)	:	**ROJAS GONZALES, CLAUDIA XIMENA**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. MANTURANO PÉREZ, RUBÉN DARÍO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 13/11/2025

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, CLAUDIA XIMENA ROJAS GONZALES

Autor de la tesis titulada : "EFECTO DE ESTIMULADORES DE ENRAIZAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BAMBÚ (Guadua angustifolia y Guadua superba) OBTENIDAS A PARTIR DE ESQUEJES, EN PUCALLPA"

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Dr. RUBEN DARIO MANTUANO PEREZ

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 18 / 09 / 2026

Email: Ximenarojas.g2599@gmail.com Firma:

Teléfono: 920 566 772 DNI: 72645098

DEDICATORIA

A Dios, por ser fuente vital y estar presente en cada momento de mi vida.

A mis padres José Rojas De Souza y Yolanda Gonzales Cárdenas, por brindarme su amor incondicional, soporte emotivo y el apoyo económico durante este periodo fundamental en la historia de mi carrera profesional; a mi hermano José Rojas y a mi sobrino amado, Ethan Fabrizzio.

AGRADECIMIENTO

Dicen que nada es casual en la vida, y es por ello que llego a este momento llena de mucha gratitud para con Dios y el universo, porque en cada instancia del tiempo fue trascendental la colaboración de todas aquellas personas que contribuyeron activamente en llevar a cabo uno de los proyectos más importantes de mi vida:

Un eterno agradecimiento a mi casa de estudios, La Universidad Nacional de Ucayali, que me abrió sus puertas y dotación de conocimientos y sabiduría a través de sus docentes durante mi formación personal.

Un agradecimiento especial para mi asesor, el Ing. Ruben Dario Manturano Pérez, por haber destinado parte de su preciado tiempo a mi orientación y guía en toda la etapa previa a mi sustentación.

Una mención honrosa al Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) – sede Ucayali, por haberme facilitado la disposición de sus instalaciones; al Ing. Wilson Guerra Arévalo, investigador del IIAP – Ucayali, por su tiempo y al equipo técnico, el Sr. Rony y el Sr. Hugo, que fueron apoyo fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Y finalmente, A mi familia, por ser soporte y fuente de motivación en momentos difíciles, y a todas las personas que participaron de forma directa e indirecta en esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA……...vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL..... viii

ÍNDICE DE TABLAS……...x

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

RESUMEN xv

ABSTRACT……...xvi

INTRODUCCIÓN xvii

CAPITULO I.....19

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19

1.1. Descripción del problema……19

1.2. Formulación del problema……20

1.2.1. Problema general……20

1.2.2. Problemas específicos……...20

1.3. Objetivos de la investigación……21

1.3.1. Objetivo general……..21

1.3.2. Objetivos específicos……21

CAPITULO II.....22

MARCO TEÓRICO 22

2.1. Antecedentes del problema……22

2.1.1. Antecedentes internacionales……..22

2.1.2. Antecedentes nacionales……..24

2.1.3. Antecedentes locales……27

2.2. Bases teóricas……29

2.3. Definición de términos básicos 47

CAPITULO III.....49

METODOLOGÍA 49

3.1. Método de investigación.....49

3.2. Población y muestra.....49

3.3. Procedimientos de recolección de datos 50

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 51

3.5. Procesamiento para recolección de datos.....52

3.6. Tratamiento de datos.....55

CAPITULO IV 59

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....59

4.1. Determinación del efecto de estimuladores de enraizamiento y de los diferentes tipos de sustratos en el crecimiento de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes en Pucallpa……..59

4.2. Efecto de estimuladores de enraizamiento en la sobrevivencia de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa……103

CAPITULO V 107

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 107

5.1. Conclusiones.....107

5.2. Recomendaciones.....108

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 109

ANEXOS……..112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de recolección de datos……..... 50

Tabla 2. Fuentes de variabilidad del análisis de variancia……. 57

Tabla 3. Distribución de los tratamientos y repeticiones en la parcela experimental…….. 57

Tabla 4. Tratamientos y su combinación entre los niveles de los factores para ambas especies (Guadua angustifolia y Guadua superba)… 58

Tabla 5. Análisis de varianza de numero de raíces de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 3 estimuladores de enraizamiento….. 59

Tabla 6. Media de numero de raíces de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento. 60

Tabla 7. Análisis de varianza del número de raíces de guadua angustifolia sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores…….. 62

Tabla 8. Prueba de Tukey para el número de raíces de la especie guadua angustifolia……. 63

Tabla 9. Promedio de numero de raíces de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento. 66

Tabla 10. Análisis de varianza del número de raíces de guadua superba sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores…….. 68

Tabla 11. Prueba tukey del número de raíces de guadua superba…… 68

Tabla 12. Análisis de varianza del diámetro de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 72

Tabla 13. Promedio del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores…… 72

Tabla 14 Análisis de varianza del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 74

Tabla 15. Prueba de tukey del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia…….. 74

Tabla 16. Promedio de diámetro de estaca de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 76

Tabla 17. Análisis de varianza del diámetro de estaca de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores……. 77

Tabla 18. Prueba tukey del diámetro promedio de estaca de la especie guadua superba……. 78

Tabla 19. Prueba Tukey para los estimuladores…… 78

Tabla 20. Media de longitud total de raíces (cm) de dos especies de bambú sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento…… 80

Tabla 21. Análisis de varianza de longitud total de raíces de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 3 estimuladores de enraizamiento. 82

Tabla 22. Prueba Tukey de longitud total de raíces de dos especies de bambú…….. 83

Tabla 23. Análisis de varianza del número de brotes de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 3 estimuladores de enraizamiento… 85

Tabla 24. Media de numero de brotes de la especie Guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento. 85

Tabla 25. Análisis de varianza del número de brotes de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 87

Tabla 26. Prueba Tukey del número de brotes de la especie guadua angustifolia…….. 87

Tabla 27 Promedio de numero de brotes de la especie Guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 89

Tabla 28. Análisis de varianza del número de brotes de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 90

Tabla 29. Prueba tukey del número de brotes de la especie guadua superba…… 91

Tabla 30. Promedio de altura de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 94

Tabla 31. Análisis de varianza de la altura de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento……. 96

Tabla 32. Prueba tukey para altura de estaca de dos especies de bambú… 96

Tabla 33. Media de longitud de la planta (cm) de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento…… 98

Tabla 34. Análisis de varianza de la longitud de la planta de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento…… 100

Tabla 35. Prueba de Tukey para la longitud de la planta de dos especies de bambú……. 101

Tabla 36. Supervivencia y mortandad de las especies Guadua angustifolia y guadua superba con los diferentes tratamientos……. 103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de ejecución……..... 49

Figura 2. Promedio del número de raíces de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento en Pucallpa…….. 62

Figura 3. Número promedio de raíces de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento en Pucallpa…… 67

Figura 4. Diámetro promedio de estaca de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…….. 73

Figura 5. Longitud total de raíces de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 81

Figura 6. Longitud total de raíces de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 82

Figura 7. Número de brotes de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 86

Figura 8. Número promedio de brotes de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 90

Figura 9. Altura promedio de estaca de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento……. 95

Figura 10. Altura promedio de estaca de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 95

Figura 11. Longitud promedio de la planta de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 99

Figura 12. Longitud promedio de la planta de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento…… 100

RESUMEN

El estudio titulado “Efecto de estimuladores de enraizamiento en la producción de plántulas de bambú (Guadua angustifolia y Guadua superba) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa.” tuvo como objetivo evaluar el efecto de estimuladores de enraizamiento en el crecimiento y supervivencia de plántulas propagadas vegetativamente. Se evaluaron tres estimuladores (Sapo huasca, Agua de coco y Ácido Indol butírico – AIB) y tres tipos de sustratos (arena de río, humus de lombriz + CAC + fibra de coco y gallinaza + CAC + fibra de coco). Se utilizaron 60 esquejes por especie distribuidos en 12 tratamientos con 5 repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas incluyeron número y longitud de raíces, número de brotes, altura de estaca, longitud de planta y supervivencia. Los resultados evidenciaron que los estimuladores influyeron significativamente en el crecimiento de las plántulas, destacando AIB y agua de coco como los tratamientos más eficientes, mientras que el sapo huasca presentó menor efecto. Asimismo, *Guadua angustifolia* mostró mejor desempeño en la mayoría de las variables evaluadas, evidenciando mayor capacidad de propagación vegetativa que *Guadua superba*. Se concluye que la propagación mediante esquejes es una alternativa viable para la producción de plántulas de bambú, siendo AIB y agua de coco los estimuladores más efectivos bajo las condiciones evaluadas.

Palabras clave: AIB, Bambú, Enraizamiento, Esquejes, Plántulas, Sustratos, Sapo huasca.

ABSTRACT

The study entitled “Effect of rooting stimulants on the production of bamboo seedlings (*Guadua angustifolia* and *Guadua superba*) obtained from cuttings in Pucallpa” aimed to evaluate the effect of rooting stimulants on the growth and survival of vegetatively propagated seedlings. Three stimulants (Sapo huasca, Coconut water, and Indole-3-butyric acid – IBA) and three types of substrates (river sand, vermicompost + CAC + coconut fiber, and poultry manure + CAC + coconut fiber) were evaluated. A total of 60 cuttings per species were used, distributed across 12 treatments with 5 replicates in completely randomized design. The variables evaluated included number and length of roots, number of shoots, cutting height, plant length, and survival. The results showed that the stimulants significantly influenced seedling growth, with IBA and coconut water being the most effective treatments, while sapo huasca had the least effect. Furthermore, *Guadua angustifolia* showed better performance in most of the variables evaluated, demostrating a greater capacity vegetative propagation than *Guadua superba*. It is concluded that propagation by cuttings is a viable alternative for bamboo seedling production, with IBA and coconut water being the most effective rooting stimulators under the evaluated conditions.

Keywords: AIB, Bamboo, Rooting, Cuttings, Seedlings, Substrates, Sapo huasca toad.

INTRODUCCIÓN

Castro (2023). El bambú, al igual que otras plantas como la caña de azúcar, el arroz y el trigo, pertenece a la familia Poaceae, como señalan Castaño y Moreno (2004). Esta familia vegetal representa un recurso natural renovable de gran importancia. Dentro de estas especies, algunas presentan características que las hacen semejantes a las plantas maderables, con tallos o culmos que pueden alcanzar alturas superiores a los 25 metros, con ramas y hojas distribuidas a diferentes niveles. Estas plantas cuentan con un sistema radicular que forma densas redes, lo que contribuye a prevenir la erosión del suelo. Además, pueden formar densos bosques que juegan un papel crucial en la gestión de los recursos hídricos. Según el Ministerio de Agricultura del Perú (MINAG, 2010), los bosques de bambú tienen la capacidad de generar más oxígeno que la mayoría de los árboles y de capturar cantidades significativas de dióxido de carbono.

La propagación sexual de los bambúes se considera poco viable debido a sus largos ciclos reproductivos, que pueden extenderse por décadas, como mencionan Londoño y Clark (2004) y Mercedes (2006). Además, algunas especies muestran tasas de germinación que raramente superan el 50%, y en ocasiones, presentan un alto porcentaje de semillas que no llegan a desarrollarse. Ante este panorama, se han realizado esfuerzos por parte del Gobierno, a través del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), para integrar estas especies en la economía de ciertas regiones, particularmente en la Amazonía. SERFOR (2021); Castro (2023). Estos esfuerzos se han centrado en métodos de propagación como el "Chusquin" y el "rizoma", dirigidos principalmente hacia una sola especie, Guadua angustifolia, según lo indicado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

En este contexto, se plantea la necesidad de explorar técnicas alternativas de propagación que permitan una producción más eficiente de plántulas de bambú en regiones como Pucallpa, donde las condiciones ambientales pueden ser exigentes. Por ende, este estudio tiene como objetivo “Determinar el efecto de estimuladores de

enraizamiento en la producción de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa".

Este estudio no solo aspira a contribuir al conocimiento sobre la propagación de estas especies de bambú, sino que también busca proporcionar datos relevantes para el desarrollo de estrategias de conservación y uso sostenible de esta planta emblemática en la región amazónica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Londoño (2002). En la actualidad, se utiliza el bambú en cantidades relativamente grandes en actividades como la construcción, artesanía y agricultura; de tal forma que su extracción y comercialización constituye fuente de trabajo e ingresos para muchas personas. Entonces, es necesario iniciar el establecimiento de plantaciones sistemáticas de este preciado recurso vegetal con fines comerciales, impulsando de esta manera la investigación tendiente a manejar y conservar las especies nativas y exóticas que existen en nuestro país.

Aguirre (2019). En el Perú, la sobreexplotación de los bosques por tala indiscriminada de las especies forestales ha generado un constante deterioro de los recursos forestales, ante ello se requieren acciones u alternativas que mitiguen y, una de ellas es el bambú. La problemática evidenciada anteriormente, motiva la búsqueda de técnicas de propagación vegetativa, es decir, empleando diferentes partes de la planta; resulta, asimismo, insuficiente la información de estos tipos de propagación y su· eficacia respecto al tiempo de brotación y a la cantidad de brotes emitidos.

Asimismo, el desconocimiento de métodos eficaces de propagación y reproducción del bambú, lo que permitiría producir masivamente material de excelente calidad, en corto tiempo y a bajos costos. Sin embargo, la reproducción sexual o por semilla presenta dificultades, debido a que el tiempo de floración varía entre especies, con periodos que fluctúan desde un año hasta 100 años.

En algunos avances de identificación de especies, la propagación vegetativa es una excelente alternativa que, a través de ella, se asegura la conservación del germoplasma, siendo posible obtener descendencias homogéneas desde un punto de vista genético.

Trujillo (2014). Es por eso que la principal vía de propagación de estas especies es por chusquines. Esta técnica es muy recomendable por su alto rendimiento y desarrollo; cada brote llega a producir de dos a 12 plántulas a los cuatro meses. Sin embargo, esta vía presenta limitaciones como la poca disponibilidad de material vegetal.

Teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados, se tiene la necesidad de determinar el efecto que podrían tener diferentes concentraciones de sustancias enraizantes (Sapo huasca, Agua de coco y AIB), en la producción de plántulas obtenidas a partir de esquejes de dos especies de bambú existentes en la zona, Guadua angustifolia y Guaduas superba, en la ciudad de Pucallpa.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de estimuladores de enraizamiento (Sapo huasca, Agua de coco y AIB) y de los diferentes tipos de sustratos (Humus + CAC + Fibra de coco y Gallinaza + CAC + Fibra de coco y Arena media) en la producción de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de estimuladores de enraizamiento y de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento de plántulas de bambú (Guadua angustifolia y Guadua superba) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa?
- ¿Cuál es el efecto de estimuladores de enraizamiento y de los diferentes tipos de sustratos en la supervivencia de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de estimuladores de enraizamiento (Sapo huasca, Agua de coco y AIB) y de los diferentes tipos de sustratos (Humus + CAC + Fibra de coco, Gallinaza + CAS + Fibra de coco y Arena media) en la producción de plántulas de bambu (*Guadua angustifolia y Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de estimuladores de enraizamiento y de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento de plántulas de bambú (Guadua angustifolia y Guadua superba) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa.
- Determinar el efecto de estimuladores de enraizamiento y de diferentes tipos de sustrato en la supervivencia de plántulas de bambú (Guagua angustifolia y Guadua superba) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Para Sánchez (2017), en su investigación “Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bambú), en Vivero Bambunet del Cantón, a través del método de segmentos de ramas, utilizando dos fitohormonas para mejorar el enraizamiento: ácido indol butírico (AIB) y ácido naftalacético (ANA), aplicando un diseño completo al azar con estructura factorial, con 10 repeticiones y con 5 plantas en cada unidad experimental, encontró que el testigo (sin hormona) y *Dendrocalamus asper*, en relación al número de brotes se evidenció una mayor cantidad, pero sin diferencia estadísticas de las hormonas aplicadas. Aunque no hubo diferencias estadísticas, se observó en *Bambusa vulgaris* con la hormona AIB una cantidad y longitud considerable de raíces.

Por su parte, Mamani (2018), en su tesis doctoral “Evaluación de la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* kunth y Guadua angustifolia bicolor) con diferentes segmentos vegetativos, encontró que la variedad 2 obtuvo los mejores resultados en las diferentes variables respuesta dependientes como ser: los resultados de (%P) prendimiento por variedad para la primera evaluación a los 30 días, la V1 obtuvo el menor resultado con 6.17% de rendimiento, por lo contrario, la V2 en esta evaluación alcanzo 44.08% de rendimiento. Para la segunda evaluación a los 60 días V1 se pierde completamente lo cual los resultados son 0% de rendimiento, y para la variedad V2 con 60% de rendimiento en esta evaluación. Este

autor recomienda el empleo de segmento vegetativo, parte basal, para la propagación asexual de Guadua angustifolia Bicolor.

Así mismo, Zambrano (2020) en su investigación “Beneficios de los enraizantes en la propagación vegetativa de esquejes de caña guadua (*Guadua angustifolia*) en el Ecuador, establece el beneficio de los enraizantes aplicados en esquejes de caña de *Guadua angustifolia*. Esta investigación fue sometida a técnicas de análisis – síntesis y resúmenes sobre los beneficios de enraizantes, el cual, llego a la conclusión que, en las características agronómicas de altura de planta, incremento de raíz y aumento de grosor del tallo de caña Guadua se obtiene aplicando enraizantes para la propagación vegetativa de esquejes y, al utilizar enraizantes a base de hormonas, se promueve mayor producción de caña de Guadua.

Condori (2006). Así mismo, en la investigación “Efecto de enraizadores naturales, en la propagación asexual del Acer negundo en vivero”, de acuerdo a los datos obtenidos, se observó que la especie propagada respondió satisfactoriamente a las aplicaciones de enraizadores naturales, teniendo un promedio total del 70 % de prendimiento. De los enraizadores naturales aplicados para la propagación de esta especie fue el extracto de sauce, seguido del agua de coco.

Mientras López (2014) nos dice en su investigación “Propagación asexual de Litchi (*Nephelium litchi* Camb), mediante diferentes técnicas de acodo aéreo, con tres enraizadores (hormona, agua de coco y miel) en la estación experimental de Sapecho – Alto Beni”, estable los siguientes resultados: el tratamiento T_3 (anillado + fertifox) obtuvo el mejor resultado con una media de 7.16 cm de longitud de raíz. En relación a la altura de planta, se muestra que los dos factores obtuvieron significancia, el tratamiento T_3 (anillado + fertifox) presento el mayor tamaño con 152.41

cm de altura. Concluyendo que, la técnica que presentó mejor resultado fue el anillado; con respecto al enraizador el que presento mejor resultado fue el fertifox seguida de la miel.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En su investigación Palacios (2020), utilizando tres dosis de Agua de Coco (*Cocus nucifera*), obtuvo en porcentaje de esquejes de la especie mencionada: Al 75% de agua de coco se calculó 10% de prendimiento, y para las concentraciones de 50% y 0% (el testigo), se obtuvo un porcentaje de 30% de prendimiento.

Camus (2021). En la tesis “Efecto de dos enraizantes en la producción de plantones de bambú (*Guadua angustifolia*) Shucayacu–Yambrasbamba-Amazonas”, nos dice que el agua de coco destaca como la mejor sustancia enraizante debido a que es una sustancia natural que no atenta al con el medio ambiente. Así mismo, se tiene como resultado de esta investigación que el mejor porcentaje de prendimiento fue el tratamiento 2 con un 83%, este resultado se logró con la aplicación del agua de coco (750 ml de agua de coco + 4 litros de agua).

Para Perez (2019), quien analizo la “Influencia del diámetro de esquejes para la propagación vegetativa de bambú guadua (Guadua angustifolia Kunth) a nivel de vivero en Chanchamayo.”, quien tuvo como objetivo de esta investigación fue evaluar qué diámetro de esqueje del bambú Guadua angustifolia, Kunth, tuvo resultados obtenidos favorables, reportando que, el tratamiento que tuvo mayor supervivencia de esquejes a los 110 días de cultivo fue el T_4 con 75.5% de plantas vivas, con un diámetro mayor de 3.70 cm.

Según Ramírez (2019), en su tesis “Propagación clonal de bambú (*Guadua angustifolia* kunth) con diferentes dosis de ácido indol butírico en cámara de invernadero, Tingo María”, trabajando con nueve tratamientos,

cinco repeticiones; la combinación (base, medio y ápice) y (0.0 mg/L, 1.0 mg/L y 2.0 mg/L), evaluados en 90 días, los resultado indican que, los tipos de ramas medio y basal obtuvieron mejores resultados, aplicando 1.0 mg/L y 2.0 mg/L de dosis de ácido indol butírico, que influyen en el desarrollo de la propagación vegetativa en condiciones de cámara de invernadero.

Así mismo, Arancibia (2017) estudio la “Propagación vegetativa de dos especies de bambú en la Selva Nor Oriental”. Se realizaron evaluaciones quincenales de brotación y después de tres meses de instalado el ensayo se evaluó el enraizamiento. Las variables respuesta estuvieron relacionadas a la supervivencia, porcentaje de brotación, número de brotes y enraizamiento. Guadua angustifolia, presentó enraizamiento (3%). El factor hormonal no tuvo efecto favorable en la mayoría de las variables evaluadas, y el diámetro de la estaca tuvo significancia en todas las variables para la especie *Guadua weberbaueri*.

En la tesis “El objetivo fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de AIB, tipo de estacas, sustratos, número de nudos y posición de las estacas sobre la capacidad rizogénica de Guadua superba Huber, Guadua lynnclarkiae Londoño y Guadua weberbaueri Pilg en cámaras de sub irrigación, fueron inducidos en dos experimentos trabajando con una dosis específica de AIB (1500 ppm), diferentes tipos de sustratos, nudos y posición de estaca (apical, media y basal), de las cuales obtuvo el resultado y concluyo que, Las estacas de la sección media y basal con dos nudos en 1500 ppm de AIB y puestas en posición horizontal y vertical en los sustratos gallinaza+CAC y humus+CAC favorecieron la rizogénica de las tres especies de bambú (Chávez, 2022).

En la tesis “Efecto de los sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de bambú guadua (*Guadua angustifolia* kunth) a nivel de vivero en Chanchamayo”, evaluó la supervivencia de plantas sembradas y la

vigorosidad de sus brotes en número de chusquines, altura, diámetro y numero de hojas utilizando sustratos como aserrín, fibra de coco, microorganismos de montaña, tierra y arena que fueron aplicados al testigo, teniendo como resultado que, el tratamiento T_2, tuvo mayor supervivencia de esquejes a los 100 días con 79% de plantas vivas, con un promedio de brotes de 8, trabajadas con sustratos de compost y fibra de coco, según indica Rèvolo & Rèvolo (2018).

Rodriguez (2016) en su tesis “Efecto de diferentes sustratos en el prendimiento de bambo Guayaquil (*Dendrocalamus asper* Schult. & Schult. f. Backer ex K. Heyne), en Tingo Marìa, utilizo el diseño estadístico (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Utilizando los siguientes sustratos: Humus, sustrato de vivero, tierra agrícola, arena y roca fosfórica, obtuvo resultados favorables trabajados con la mezcla de tierra agrícola (58 %) en supervivencia, con un valor de 115.77 ± 26.37 cm de altura, 4.0 ± 3.06 brotes, 10.0 ± 2.37 hojas.

En la investigación propuesta por (Quispe, 2009) “Propagación de tres especies de bambú a través de esquejes con diferentes dosis de humus de lombriz, en la zona de Tingo María”, comprobó el efecto favorable del humus de lombriz, pues en la aplicación del testigo, fue inferior estadísticamente a los tratamientos beneficiados en la evaluación altura, número de hojas brotes y prendimiento. Económicamente, se dice que 1.75 kg de humus de lombriz por planta en bolsa de 3.5 kg es la dosis recomendable para *Dendrocalamus asper* y Gigantochlo apus, en fase de vivero.

Por su parte, Taboada (2020), en su investigación “Propagación Vegetativa de Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), mediante Esquejes Inducidos en Tres Sustancias Enraizantes, concluye que el extracto de lenteja si tiene incidencia en el enraizamiento y desarrollo radicular de

esquejes de Guadua angustifolia, bajo la inducción de sustancias enraizadoras, solo el extracto de lenteja al 5%, 10% y 15% mostró diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos obteniendo el tratamiento S1D1 que corresponde al extracto de lenteja al 5% un volumen de 3.2 cm^3 , S1D2 que corresponde al extracto de lenteja al 10% un volumen de 2.8 cm^3 , S1D3 que corresponde al extracto de lenteja al 15% un volumen de 2.6 cm^3 y el testigo un volumen de 2.5 cm^3 , éste último siendo superior o igual a los demás tratamientos; lo que demuestra que el extracto de haba y frijol no inciden en el desarrollo radicular.

2.1.3. Antecedentes locales

Inga (2017), En su tesis titulada “Efecto de diferentes concentraciones de Sapo Huasca (*Cissus verticillata*) en el enraizamiento de limón rugoso (*Citrus jambhiri* L.) Pucallpa-Ucayali, determinó que las estacas emitieron raíces fueron el T_3 con 0.025 (60% de concentración) y T_4 con 0.0125 (80% de concentración), las mismas que según el análisis de varianza indican que entre los tratamientos no existen diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05. La preparación del extracto de sapo huasca (*Cissus verticil!ata*) no fueron suficientes para promover la emisión de raíces en las estacas de limón rugoso (*Citrus jambhiri* L.), puesto que las estacas leñosas y semi leñosas son más complejas de enraizar.

Para Fasabi (2017), En su investigación estudio la “Propagación de estaquillas de chuchuhuasi (*Maytenus ebenifolia*), en cama de sub irrigación, usando extracto de Sapo huasca (*Cissus verticilata*)”, el enraizamiento de estaquillas fue evaluado por los parámetros de número de estaquillas enraizadas, porcentaje de enraizamiento, longitud de raíces, porcentaje de mortandad de estaquillas. Además, se evalúo el número de brotes por estaquilla. De acuerdo con los resultados de esta investigación,

las dosis iguales a 25% de extracto de Sapo huasca, fue la que más promovió el enraizamiento y la brotación de estaquillas de Chuchuhuasi.

En la investigación “Respuesta a cinco concentraciones de extracto de sapo huasca (*Cissus sicyoides*) en el enraizamiento de estacas de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh) en Pucallpa”, se utilizar tratamientos que tuvieron concentraciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de extracto de sapo huasca. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencias significativas en las siguientes variables trabajadas: porcentaje de brotes por estaca, número de brotes por estaca y volumen de raíces por estaca. Trujillo (2012). El tratamiento T_3 (50% de extracto de sapo huasca) obtuvo la mayoría de las variables, pero fue superado por el T_1 (0% de extracto de sapo huasca) en la longitud de raíces.

Tanto Espinoza (2011), en su investigación “Utilización de diferentes concentraciones de extracto de sapo huasca (*Cissus sicyoides* L.) en el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Pucallpa”, se utilizó algunos parámetros al estudio como porcentaje de enraizamiento, porcentaje de brotación, número de raíces por estacas, número de hojas por estaca, longitud de raíces y volumen de raíces. Los resultados del análisis de variancia mostraron significancia estadística en todas las variables, destacando el tratamiento con extracto de sapo huasca al 100%, el más eficiente para el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Ríos (2023) en su estudio “Efecto de hormonas naturales y sustratos en el enraizamiento de estaquillas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. F. exSchum. (capirona) en cámaras de sub irrigación, trabajó con cuatro diferentes hormonas naturales (AIB, extracto de sapo huasca, agua de coco y miel de abeja), y de sustratos de arena, trabajó con 3 tipos de arena granulométricas (arena fina, media y gruesa).

Como resultado obtenido en los tratamientos, el más efectivo fue el tratamiento T8 (interacción hormona natural agua de coco y sustrato arena media), influenciaron de forma significativa ($p \leq 0.05$) en el enraizamiento de estaquillas de *C. spruceanum* con 70.83%; logrando el 91.67% como máximo valor en sobrevivencia y porcentaje de brotes, con 87.50% de porcentaje de callosidad, 5.93 mm y mayor longitud de raíz más larga por estaquilla.

Santos (2022), En su investigación “Evaluación del enraizamiento de *Citrus aurantifolia* (limón regional) con aplicaciones de dosis diferentes de hormona natural en Yarinacocha-Ucayali”, logró el mayor enraizamiento de raíces en 12 días en esquejes de *Citrus aurantifolia* (limón regional) con el T_5 (16 % de hormona natural de manzana/L agua) utilizando esquejes de la parte basal, media y apical de 15 a 20 cm de largo x 0.8 a 1 cm de diámetro. A su vez, logró el mayor tamaño de raíces emergidas (35.67 cm) en esquejes de Citrus aurantifolia (limón regional) con el T_5 (16 % de hormona natural de manzana / L agua) en relación con los demás tratamientos que fueron menores.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El bambú

El bambú es considerado una de las especies más antiguas de la historia, data de la época de los dinosaurios, hace unos 250 millones de años, además posee una diversidad de usos, desde su fibra, hasta para las construcciones, calificándolo como el acero verde, por poseer excelentes propiedades física y mecánicas, Gonzales (2018). Además de ser una especie forestal milenaria a nivel mundial, es valorizado por su rápido crecimiento, donde puede superar los 25 m de altura, pudiendo aprovecharse en turnos relativamente cortos, entre 3 a 5 años.

Es un recurso natural renovable de rápido crecimiento. Esta especie es promisora de alto valor ecológico y económico. Se ha convertido en una especie forestal alternativa frente a especies maderables como el pino (Pinus spp.), encino (Quercus spp.) y algunas otras latifoliadas, debido a su rápido crecimiento, a sus propiedades físico-mecánicas y porque su turno es corto (Mercedes, 2006). Los bambúes carecen de tejido de cambium y por eso no presentan crecimiento secundario o incremento en diámetro, solamente tienen crecimiento primario o apical, por lo que todos los renuevos emergen del suelo con su diámetro definitivo y los nudos juntos como un acordeón cerrado. Hernández (2021). El crecimiento longitudinal se da al estirarse los nudos formando los entrenudos, lo que normalmente ocurre de abajo hacia arriba en un lapso de seis meses a dos años en promedio, Álvarez (2012), Londoño (2004). Cuando el bambú alcanza su altura máxima, comienza el proceso de lignificación por el cual la planta de bambú se hace cada vez más leñosa.

- **Origen y distribución geográfica del bambú**

Para el MINAGRI (2008), la gran diversidad de bambúes oscila alrededor de 1250 especies a escala mundial, siendo 75 géneros de la subfamilia Bambusoideae y familia Gramineae, distribuidos en casi todos los continentes (menos en Europa). Principalmente en los países de clima tropical, subtropical; pero, además, en climas templados y fríos, desde los 0 hasta los 4000 m.s.n.m.

Londoño (2002), alude que, de los países de América del sur, Brasil, cuenta con más especies (en total 141 de bambú leñoso), ubicados en sus bosques naturales. Continuando con algunos países andinos que integran la cuenca amazónica como Colombia (72 especies), Venezuela (60 especies), Ecuador (44 especies), Costa Rica y México (39 especies);

con 4 sub tribus 4 de bambúes leñosos que incluyen un total de 21 géneros y aproximadamente 500 especies, así como 20 géneros de bambúes herbáceos. En el sur oeste de la Amazonía, predomina una especie de bambú, conocido como “pacal”, perteneciente al género Guadua, con una gran diversidad de dicha especie.

- **Origen y distribución geográfica del bambú en el Perú**

Takahashi & Ascencios (2003). El bambú se ha extendido por todo el Perú, a excepción de la región de Ancash, esto según MINAGRI (2008). Siendo los principales géneros a mencionar: *Arthostylidium*, *Aulonemia*, *bambusa*, *Chusquea*, *Dendrocalamus*, *Elytrostachys*, *Gigantochloa*, *Guadua*, *Merostachys*, *Neurolepis*, *Phyllostachys*, *Rhipidociadum*, En los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín, la predominancia de los bambúes se presenta en bosques naturales, logrando abarcar grandes extensiones de 39,978 km2 con densidades poblacionales que oscilan alrededor de 30 a 70 %.

2.2.2. El bambú *Guadua angustifolia*

En América, es una de las especies más usada en la construcción de estructuras vernáculas es la “*Guadua angustifolia* kunt”. Esta especie pertenece a la familia de las Poaceae y sobresale por el gran tamaño de sus culmos, los cuales alcanzan hasta 25 metros de altura con diámetros que oscilan entre 10 y 18 cm. Las características distintivas de las especies de guadua, en especial de esta especie, incluyen los culmos largos, las bandas de pelos blancos a cada lado de la región del nudo y las hojas caulinares en forma triangular con bordes continuos. Estas características ayudan a diferenciar la guadua de otros bambúes. Investigaciones previas en guadua, Martin & Mateus (1981), Gómez & Rubio (1990), Prieto & Sanchez (2002), han reportado que existe una variación importante de las propiedades mecánicas en su estado rollizo, debido principalmente a la

irregularidad dimensional de la sección transversal, lo cual restringe su uso en estructuras de grandes luces y cargas. Por lo anterior y teniendo en cuenta las ventajas que presentan los bambúes, los laminados de Guadua se presentan como una alternativa para el uso de este material en la construcción de estructuras para las cuales la Guadua es su estado rollizo presenta limitaciones.

El género “Guadua”, es considerado uno de los géneros más importantes y endémico en américa latina, con un aproximado de 30 especies. Un factor determinante para su distribución en latitud y altitud es la temperatura, ya que esta especie no soporta temperaturas por debajo de los 0 °C (6 horas diarias de exposición del sol). Arancibia (2017). Este género se ha caracterizado por ser de origen amazónico (sus primeras colectas se encuentran ubicadas en esta cuenca amazónica), representando un 45 por ciento de todo el género. Las principales especies son: Guadua weberbaueri Pilger y Guadua Sarcocarpa.

Londoño (2002), ha definido ciertas características que permiten tipificar este género creado por Kunth, en 1822. Las características que diferencian a este género “Guadua” del resto de bambúes. Algunas características son: Presencia de hoja caulinar en forma triangular con los bordes de la vaina y de la lámina continua o casi continua; banda de pelos blancos y cortos arriba y abajo de la línea nodal; presencia de estomas por el haz y por el envés de la lámina foliar; presencia de papilas asociadas con estomas por el haz de la lámina foliar; palea de textura firme con quillas aladas; y cuerpos silíceos en forma de silla de montar, angostos y elongados. El carácter de las espinas, aunque es muy constante, no se puede considerar un carácter genérico sino especifico. La mayoría de las poblaciones de guadua crecen entre 0-1500 m ocupando diversos hábitats. Sin embargo, es frecuente observarlas a orillas de los ríos, quebradas, y

en los valles interandinos en donde forma grandes sociedades llamadas "guaduales".

La Guadua o caña guadúa es la especie de bambú más “representativa” del continente americano, siendo documentada su existencia desde los periodos precolombinos. Botero (2020). Existen ciertos reportes en donde se le atribuye la colección a José Celestino Mutis durante el año 1783 en la Real Expedición Botánica, posteriormente, para el año 1806, se colectó y estudió a las muestras por los botánicos Bonpland y Humboldt a una expedición hacia América, y realizar colectas en la Cordillera de los Andes, en Colombia. Además del río Casiquiare en el país venezolano; logro incluir el género bambusa del continente asiático; luego el botánico Karl Sigismund Kunth en el año 1822, realizó estudios más profundos a dichos materiales botánicos recolectados por los dos primeros botánicos y logró encontrar parámetros diferentes a las gramíneas de Asia, proponiendo el género Guadua, tomando como soporte el vocablo de las comunidades nativas indígenas “guadua” originarias de Ecuador y Colombia.

Durante el año 1822, en Alemania, el Karl Sigismund Kunth, implanto el género “Guadua”, que era utilizado por los indígenas de Colombia y Ecuador. Este género, comprende cerca de 30 especies distribuidas tanto en América del sur y norte. Especies del género Guadua, son endémicos de América y se sobresalen entre los bambúes leñosos, de tal forma que, es importante socialmente, económicamente y culturalmente, Londoño (2004). La *Guadua angustifolia* como especie, destaca entre las demás especies del mismo género, esto se debe a los favorables valores que registran sus propiedades físicas, mecánicas y también por las dimensiones que alcanzan sus tallos, con alturas que llegan hasta los 30 m y diámetros de 25 cm. Es posesionada entre las 20

especies a nivel mundial por que es capaz de absorber energía y admite mejor flexión, siendo convertidos en materiales idóneas para construcciones que toleran sismos. Por lo general crece de manera natural en Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela, y ya se introdujo a otros países, Barberán (2014). Al conjunto de bambúes dentro de un ecosistema, se les denomina “Guaduales”. Se caracterizan por ser bosques pocos densos bien dinámicos y muy especializados; presentan elevada densidad de especies bióticas, conformados por plantas, avifauna, reptiles y mamíferos que interaccionan mutuamente. INBAR (2020). Estos ecosistemas poseen gran relevancia, debido a que cumplen funciones como la regulación de la cantidad de agua, tiende a prevenir la erosión de un terreno y la deforestación por la manera en que se encuentran ramificadas dentro del suelo, con capacidad de aportar abundante biomasa a la superficie del suelo, siendo uno de los ecosistemas con mayor tasa de fijación del CO2 que se encuentra en el ambiente, reportándose valores entre los 100 t/ha hasta 150 t/ha por cada ciclo de vida de esta gramínea que por lo general son periodos entre los cuatro hasta los cinco años.

Charpentier (2014). Considerada como una especie muy beneficiosa por tener un crecimiento y desarrollo rápido, de un aproximado de 10 cm diario después de emerger de 120 días. Posee un diámetro de culmo pronunciado, recubierto por hojas caulinares gruesas marrones cuya función es protección. Además, crece eliminando dichas hojas y emergiendo las primeras ramas “juvenil o verde” y después, empieza su tiempo de “madurez”, que demora de cuatro a cinco años, aproximadamente.

- **Taxonomía de la especie**

Catálogo de la vida (2024). La taxonomía para esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Guadua* Kunth

Especie: *Guadua angustifolia* Kunth.

2.2.3. El bambú *Guadua superba*

Dueñas (2021). Las plantaciones de bambú “Guadua superba.”, son una alternativa de solución ante esta problemática, ya que esta gramínea tiene mayor potencial para reemplazar a algunas especies maderables y se utiliza para plantaciones comerciales. Sin embargo, su aprovechamiento comercial presenta dificultades porque los métodos comunes de propagación son lentos. Para desarrollar métodos de propagación masiva y eficiente que garanticen calidad de plantones en corto tiempo; se puede utilizar técnicas de propagación por segmento nodal o explantes.

Powo (2019). Pertenece a la familia “Poaceae barnhart”. Se encuentran agrupados de hasta 12 m de altura; de tallos erectos, arqueados, y en la punta, una capa de gelatina blanda dentro de la madurez; nuevos culmos de color verde opaco, cubiertos de finos pelos blancos. Como característica principal, poseen espinas simples, nodos con banda blanca con fluorescencia pronunciada, teniendo gran cantidad de brotes y hojas nuevas. Londoño (2002). La guadua superba, posee rizomas paquimorfos y cuellos cortos. La diversidad de formas y de hábitos son características que hacen del bambú un elemento idóneo para la

ornamentación y el embellecimiento del paisaje. Tienden a jugar un papel muy importante como barreras, necesarias para rompevientos.

- **Taxonomía de *Guadua superba***

Catálogo de la vida (2024). La taxonomía para esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Guadua* Kunth

Especie: *Guadua superba*.

2.2.4. Métodos de propagación del bambú

Jiménez et al. (2006). Los bambúes pueden propagarse por medio de semilla botánica o vegetativa, dependiendo de la especie y estado de desarrollo que se encuentra en la planta madre, registrando una mayor rapidez al propagarse por semilla vegetativa, es decir por plántulas que se desarrollan de tallos enterrados, ramas, porciones de rizomas (principalmente las especies monopodiales) y por los denominados “chusquines” (termino colombiano), que son plántulas que se desarrollan cerca de la planta madre, en períodos de estrés hídrico que, posteriormente son propagados vegetativamente. Este es el método más eficiente para las especies simpodiales, como es el caso más representativo de la Guadua angustifolia.

Existen diferentes métodos de propagación que han sido desarrollados y, algunas se diferencian en lo siguiente: sexuales (semillas) y asexuales o partes vegetativas de la planta de bambú (vástagos, rizomas, acodos y porciones de tallos).

Semillas (Sexual): Permite disponer del material genético de las especies nativas de manera natural, manteniendo de esta forma la diversidad genética. Mediante éste se aprovecha el potencial genético intrínseco de las especies.

Asexual: consiste en la utilización de toda o una parte de la planta que, colocada en sustrato, medio de cultivo o en el suelo, de forma directa y en condiciones ambientales favorables, da lugar a una nueva planta con características genéticas iguales a la planta madre. Cada especie requiere de un tipo de propagación adecuada. Para la zona se recomienda los métodos de propagación asexual por chusquines, ramas (esquejes), tallos, caimanes o rizomas y acodos.

a) Rizoma: Consiste en extraer los rizomas de la periferia de la mata y sembrarlos en sitios preestablecidos. Chávez (2022). No es un método recomendable para la conservación de la especie y, además, presenta la desventaja de que la extracción del rizoma requiere mucho tiempo.
b) Rizoma con segmento de tallo: Consiste en extraer un rizoma con una sección de tallo que contenga cuatro o cinco yemas. Este método permite la emisión de brotes con mayor diámetro, lo que reduce el tiempo para la obtención de cañas comerciales, siendo ideal para plantaciones en pequeñas áreas.
c) Chusquines: Método que viene siendo utilizado desde el año 2010. Adopta esta técnica, debido a la facilidad de trabajo, menor tiempo y costo en propagación, ya que el chusquín cuenta con un pequeño rizoma en formación, raíces y yemas pronunciadas, y permite reducir el tiempo de obtención de material vegetativo para su masificación, en comparación con otros métodos.
d) Ramas enterradas en forma horizontal: Método recomendado, cuyos resultados han sido favorables para la obtención de material

vegetativo y su posterior masificación. Fue adoptado a raíz de la falta de material vegetativo como chusquines y rizomas.

e) Tallos enterrados en forma horizontal: Método de propagación mediante el cual, se utiliza tallos de 1,5 a 3 años. Este método tiene buenos resultados para la obtención de material de propagación (chusquines).

f) Acodos: Emplea las ramas primarias, secundarias y terciarias de un "culmo" o tallo, con presencia de raíces adventicias, para la obtención de material vegetativo (chusquines) y para campo definitivo.

g) Propagación In vitro: Consiste en la conversión de células en plantas enteras. Mercedes (2006). Tenido buenas condiciones de propagación, se ha podido obtener plantas de bambú que llegan a producir desde flores hasta semillas.

- **Propagación vegetativa por cámaras de sub- irrigación**

Mesén (1998). Método o sistema de bajo costo, apropiado para condiciones rurales y propone el uso de materiales disponibles que pueden usarse en pequeña o gran escala. Longman (1993). Ha sido probada con éxito en Centro América y África ya que, al tener resultados efectivos para la propagación de algunas especies tropicales, tiene ventajas adicionales, que son baratos y fáciles al trabajarlos, Leakey et al. (1990). Algunos son de madera o de metal, cubierto por plástico transparente para hacerlo impermeable. Tiene el propósito de albergar las estaquillas instaladas sobre los sustratos experimentales, bajo condiciones micro ambientales controladas. Su efectividad del propagador de sub-irrigación, parece radicar en su capacidad de reducir el estrés hídrico, protegiendo las estacas de las fuertes variaciones ambientales.

2.2.5. Hormonas en las plantas

Es la acción hormonal que desempeñan algunas sustancias, permitiendo la emisión de raíces adventicias. La diferencia entre hormonas vegetales y sustancias reguladoras de crecimiento difiere en que, las hormonas vegetales, actúan como sustancias reguladoras del crecimiento en las plantas (a nivel hormonal, dependiendo de actividades fisiológicas), Arancibia (2017). En la agricultura, es utilizado para mejorar el desarrollo de cultivos, ya que, al estimular las raíces, estas sustancias fomentan un mayor crecimiento y mejora en la capacidad de la plántula para absorber agua y nutrientes vitales.

Arancibia (2017). Entre las principales sustancias que regulan el crecimiento de una planta son: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y las auxinas, las más importante y sobresaliente.

Según Arancibia (2017), citando a Hartmann et al. (1997) agrupa a las sustancias reguladoras en tres clases:

Sustancias que alimentan a los diferentes tejidos e incentivan a la producción de las sustancias principales para su crecimiento, entre ellas la auxina. Esto sucede en estacas en condiciones ambientales óptimas.

El segundo grupo, caracteriza la presencia de auxina, y por lo tanto la aplicación de esta sustancia se emplea en mayor proporción, jugando un papel importante la ocurrencia natural.

La presencia de la auxina natural puede o no estar presente, y al aplicarla externamente es casi nula su respuesta, debido a la inactividad de algunos de sus cofactores internos.

La falta de auxina, afecta al proceso de iniciación de las raíces debido a las siguientes causas: Falta de enzimas para el procesamiento de la auxina-fenólicos inductores de enraizamiento, falta de activadores de enzimas, presencia de inhibidores de enzimas, carencia de substratos

fenólicos y división del efecto de las enzimas debido a compartimentación celular.

- **Las auxinas**

Las auxinas son un grupo de compuestos reguladores del desarrollo de las plantas que, entre otros efectos, influyen en el crecimiento, la división celular y la formación de raíces, nos dice que son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Esta suele encontrarse muy bien distribuida en la mayoría de las células y tejidos vegetales, por lo que puede interferir en procesos de diferenciación unicelular, pluricelular o incluso tener acción en los diferentes tejidos vegetales.

Arancibia (2017). Dadas las funciones que posee esta hormona es considerada como un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular de órganos como raíces, tallos y hojas, y así mismo, dar origen a ellos. Dentro de las características más relevantes de las auxinas, se encuentran su capacidad para inducir la formación y elongación de tallos a nivel vegetal, promover la división celular en cultivos de callos (conjunto de células no diferenciadas producidas por el exceso de auxina en el ambiente vegetal) en presencia de citoquininas y tener la capacidad de inducir la producción de diferentes raíces adventicias sobre los tejidos de hojas y tallos recién cortados. En la actualidad, existe un gran número de auxinas sintéticas, que reemplazan las ventajas del AIA; el más destacado es el AIB (Ácido indol-3-butírico) y el ANA (Ácido naftalenacético). Zambrano (2020). El enraizamiento de los esquejes puede acelerarse o facilitarse mediante el uso de un agente de enraizamiento, que requiere el uso del mismo tipo de auxina sintética que la planta produce naturalmente,

hormonas producidas artificialmente cuando se abren las yemas y el uso de ácido indol butírico (IBA) y ácido naftalenoacético. ácido (ANA) para la estimulación.

- **Ácido Indol Butírico (AIB)**

Jordán & Casaretto (2006). Entre las hormonas sintéticas se encuentra el AIB, un regulador del crecimiento que promueve y acelera la formación de raíces adventicias en las plantas. Se utiliza frecuentemente para la propagación de esquejes o estacas y acodos. Este tipo de hormonas de crecimiento ha mostrado un efecto positivo en el desarrollo de las plantas al estimular la formación de raíces laterales. El AIB fue utilizado inicialmente como un promotor del crecimiento de raíces para la propagación asexual de plantas ornamentales y frutales. Sin embargo, existen estudios que han demostrado que, el AIB proporciona beneficios directos en el crecimiento de las plantas que se siembran por semilla: promueve la absorción de nutrientes, acelera el crecimiento, favorece la formación de la raíz y optimiza las funciones metabólicas. El AIB, fue clasificado inicialmente como una auxina sintética, pero es un compuesto endógeno de la planta, más eficiente que IAA en promover formación de raíces laterales y es usado comercialmente con este propósito. Las auxinas sintéticas, que se usan en forma de aerosol o de polvo, tienen varias aplicaciones en la agricultura.

Para la iniciación de raíces adventicias en esquejes se utilizan hormonas vegetales, especialmente auxinas, y en menor medida citoquininas y giberelinas. López (2014). A base de estas hormonas, se elaboran los enraizantes que se presentan en forma líquida o en polvo.

Alvarado & Munzon (2020). Las principales materias activas hormonales son el ANA (ácido naftalenacético), el AIB (ácido indol butírico) y el AIA (ácido indolacético), que funcionan con dosificaciones muy bajas

del al 0.2% y 0.5%. Estas regulan el crecimiento vegetal desde esa temprana fase, lo cual favorece la multiplicación celular, crecimiento y desarrollo en los parques.

- **Hormonas vegetales y el sapo huasca**

Zimmerman (1975). El crecimiento de plantas no solo está determinado por la absorción de sustancias minerales a través de las raíces y por los hidratos de carbono sintetizados en las hojas, también está asociado por ciertas sustancias químicas que actúan como agentes específicos y correlacionan el crecimiento entre las diversas partes de la planta, llamados también hormonas vegetales o fitohormonas naturales.

Por otra parte, el ácido indolacético (AIA) es la auxina natural con mayor presencia en las plantas. Los ápices de las plantas, las semillas germinadas, el agua de coco, entre otras, contiene AIA, de ahí su uso en el pasado como materiales promotores del enraizamiento. Mientras que Hartmann & Kester (1995), establecen que, las hormonas vegetales son compuestos orgánicos distintos de los nutrientes en pequeñas cantidades que actúan como estimulantes, inhiben y/o modifican de cualquier otro modo, cualquier proceso fisiológico.

Rzendowsky & Calderon (2005). *Cissus verticillata* es una trepadora perenne, caducifolia, con zarcillos ramificados. Su tamaño es de 3 a 10 m con tallos flexibles, hojas alternas, simples, de 15 cm de largo y de color amarillento a olivo oscuro cuando secas. Vibrans (2009). Presenta flores pequeñas color blanco-verdosas, frutos y semillas ovoides a globosos, carnosos, de 1 cm de largo, de color púrpura a negro y la raíz es aérea y larga. PIER (2012). Es considerada una maleza agrícola, forestal y hortícola. Las pérdidas económicas por inversiones para su control se aprecian en el cultivo de cítricos, Casamayour & Prieto (1996). Parrotta (1993). Es un huésped de la cochinilla de hibisco rosa, Maconellicoccus

hirsutus (Green); el cual es una amenaza económica para la agricultura, la silvicultura y la industria de viveros, Meyer Dirk et al. (2001), SENASICA (2013), y otras actividades, Carballo (2018).

2.2.6. Sustratos para la propagación asexual

Mesen (1998). Para garantizar el éxito en la propagación de una especie, depende en gran medida del uso del sustrato, además del material vegetativo, y la concentración de los estimuladores de crecimiento utilizados, también una buena aireación y alta capacidad de retención líquida.

Sustrato, es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo crecimiento de plantas, en su caso nutrimentos, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros.

Arancibia (2017). Los tipos de sustratos más utilizados son lo siguiente: arena fina de río, gravilla fina y vermiculita. Los sustratos son utilizados para evitar problemas de plagas y enfermedades, previamente desinfectados con fungicida, para luego ser esterilizados antes de usarlos.

El uso de estos materiales, lo constituye el menor control de plagas y enfermedades de la raíz de la planta, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento. Para el adecuado cultivo en suelo, se han desarrollado diversos métodos de desinfección con la finalidad de incrementar rendimiento y calidad de una plántula. Entre estos se encuentran: la solarización, vaporización. Sin embargo, la solarización, vaporización, y los métodos químicos son poco rentables por la superficie a desinfectar, así como la cantidad de mano de obra que se necesita para llevarlas a cabo, sin garantizar esto un suelo 100 % libre de fitopatógenos.

Masaguer & Cruz López (2006). Un sustrato está compuesto por una fracción sólida, encargada del anclaje y soporte de la planta; por una

fracción líquida, encargada de proveer agua y nutrientes junto con la fracción sólida y, por último, por una fracción gaseosa, encargada del intercambio de gases en las raíces. Entre las propiedades del sustrato, son las siguientes:

Pastor (1999). Propiedades físicas: Considera a la relación retención de agua y aireación como las responsables del éxito o fracaso en el uso de un sustrato.

Porosidad total: Pastor (1999), nos dice que la porosidad son espacios no disponibles por partículas orgánicas o minerales en el sustrato, y es necesario conocer y entender la relación entre la fracción que proporciona aireación y la fracción que proporciona el agua. Un valor recomendado debería fluctuar por encima del 85 %.

Capacidad o porosidad de aireación: Pastor (1999). Es la cantidad de volumen ocupado por aire, obtenido después de someter a saturación y drenaje del agua en un sustrato. Algunos valores recomendados se dan entre el 10 y 30 %, pero puede variar según la especie que se desea investigar.

Porosidad o capacidad de agua: Pastor (1999). Son espacios que permanecen con agua después de haber sido saturado.

Densidad: Es el peso por unidad de volumen que tiene un sustrato y se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm3) o kilogramo por metro cúbico (kg/m3). Chávez (2022). Los valores de los diferentes componentes de un sustrato varían de acuerdo a sus características físicas y química.

Propiedades químicas: Viene a ser la fracción solida (el sustrato), y la fracción líquida (agua y demás nutrientes). Entre las más conocidas, son las siguientes:

pH: Alvarado & Solano (2002). Indicador de concentración de acidez en el sustrato y controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Es recomendable trabajar con un rango de 5.5 a 6, según lo indica Cabrera (1999).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Alvarado & Solano (2002). Es una propiedad, que tiene como función de almacenar nutrientes que se encuentran en el sustrato. Es recomendable que el valor de la CIC sea alto para tener una mayor eficiencia en la disponibilidad de nutrientes como K, Ca y Mg una adecuada CIC oscila en el rango de 120 a 170 meq/100 g.

- **Tipos de sustratos**

Humus de lombriz. Material que resulta de la modificación de la materia orgánica (en su mayoría son desechos orgánicos), por acción de la lombriz (pasa por su tracto del animal), y luego lo desecha en un material altamente complejo y rico en nutrientes, Poicón (2015). Es beneficioso económicamente, debido a que se obtiene un producto estable, que actúa como un fertilizante con buena calidad, presentando efectos benéficos para el suelo.

Gallinaza. Considerado un abono orgánico de excelente calidad. Es el resultado de las excretas de las aves de corral y de material restante de arroz (cascarilla mezclada), empleado como material fertilizante en condición de orgánico, y de rápida absorción, contiene los nutrientes indispensables para las plantas, en gran proporción, que los abonos artificiales. Maldonado (2019). Contiene como elemento principal proteína cruda, y altas concentraciones de calcio alcanzando un 6 por ciento en promedio, y pueden alcanzar hasta 12%.

Cascarilla de arroz carbonizada (CAC). Saboya (2010). Material que aporta nutrientes como fósforo (P) y potasio (K), corrige la acidez de

los suelos, teniendo resultados favorables para la germinación de las semillas y enraizamiento de estacas porque, permite la penetración y el intercambio de aire en la base de las raíces. Mello (2006). Además, es suficientemente fuerte y densa para fijar las semillas o estaca. Entre sus características, destaca su elevado volumen de espacio de aireación, resistencia a la descomposición, cierta estabilidad en su estructura, baja densidad y pH en torno a su neutralidad.

Arena del rio. Es el material más usado para propagar plantas porque brinda muchos beneficios, como aireación, retiene la humedad, facilidad de apertura el hoyo, lo mantiene erguido, y para retirarlo la estaca es práctico, además considerar la asepsia (esterilizarlo antes), este material no contiene: nutrientes, capacidad de intercambio catiónico. Es un sustrato de fácil disponibilidad, y tiene como ventajas su precio relativamente bajo, su buena disponibilidad y la posibilidad de ser reutilizable. Sin embargo, también presentan desventajas como su elevada densidad aparente, su heterogeneidad en cuanto a sus propiedades físicas y químicas y el impacto ambiental que causa al extraerla de playas (Pastor, 1999).

Fibra de coco. CANNA (2023), manifiesta que, la fibra de coco está formada en su mayor parte de polvo de coco, es el principal componente de la mayoría de los productos hechos con fibra de coco, y está formado por millones de micro esponjas capilares que absorben y retienen hasta nueve veces su propio peso en agua, Cedillo et al. (2019), el uso de la fibra de coco en la agricultura ha dado grandes beneficios a sobre todo en la agricultura de cultivo protegido, ya que puede moldearse para formar macetas, cubos, discos, laminados, bolsas de siembra, entre otras opciones que se adaptan a las necesidades de los cultivos y de distintas tecnologías. La fibra de coco, presenta un pH natural de 5.7 a 6.5 y una

alta capacidad de intercambio catiónico o CIC, lo que lo convierte en un sustrato de calidad.

2.3. Definición de términos básicos

- **Arena**

Osuna et al. (2017). Si bien la arena se utiliza con frecuencia en las mezclas de sustratos, su proporción suele ser pequeña.

- **Calidad de la planta**

Rodríguez (2008). La calidad de una planta se refiere a su capacidad de adaptación y desarrollo en las condiciones climáticas y del suelo donde se encuentra.

- **Crecimiento vs. Desarrollo**

Turco et al. (2018). El crecimiento vegetal implica el aumento en el número y tamaño celular de los órganos de la planta, mientras que el desarrollo abarca la secuencia de etapas que culminan en la morfología adulta a lo largo de su ciclo vital.

- **Desarrollo**

Turco et al. (2018). El desarrollo vegetal engloba todos los cambios fenológicos desde la germinación hasta la madurez.

- **Estacas y esquejes**

Osuna et al. (2017). Las estacas y esquejes son secciones de una planta madre que contienen tejido meristemático (nudos y entrenudos) para su propagación.

- **Sustratos**

Promix (2020). Los sustratos son materiales muy utilizados en cultivos de invernadero, sin embargo, la gran variedad de fórmulas disponibles dificulta la elección de la mezcla ideal.

- **Tipo de suelo (para viveros)**

PMARCO (2014). Para la propagación en vivero, es fundamental considerar las propiedades químicas del suelo, como el pH y la fertilidad.

- **Vivero**

Miranda & Alvarado (2020). Un vivero es una instalación dedicada a la producción de plantas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación *aplicada*, debido a que busca generar conocimientos orientados a la solución de un problema específico relacionado con la propagación vegetativa de bambú en la región de Pucallpa. Asimismo, presenta un *enfoque cuantitativo* y un *nivel experimental*, ya que se evaluó el efecto de diferentes tipos de sustratos y estimuladores de enraizamiento en la producción de plántulas de bambú obtenidas a partir de esquejes.

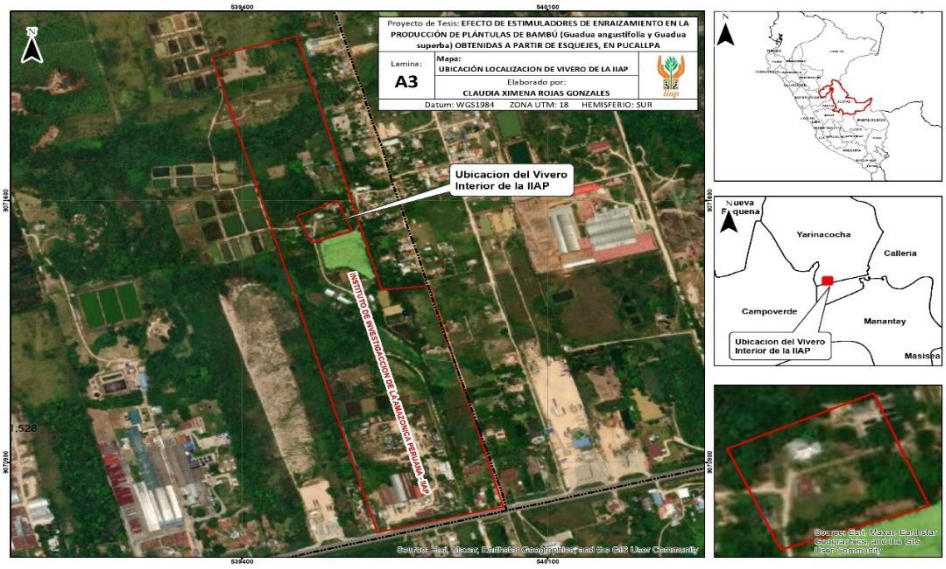
3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo conformada por plantaciones jóvenes de bambú de las especies Guadua angustifolia y Guadua superba, ubicadas en la plantación del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP – sede Ucayali), situado a 12.4 km de la carretera Federico Basadre, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, a una altitud de 154 m s. n. m.

Figura 1

Ubicación del lugar de ejecución



3.2.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 60 esquejes por especie, obtenidos de plantas de bambú joven, de dos años de edad. Los esquejes fueron extraídos de la sección media de los culmos, las cuales, presentaron una longitud aproximada entre 20 y 25 cm, los cuales fueron distribuidos en los diferentes tratamientos del experimento.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Los datos se recolectaron según los siguientes datos del formato siguiente:

Tabla 1

Formato de recolección de datos

Nº	T	R	Nº Plantas vivas	Nº Plantas muertas	Diam. de esqueje	Altura de esquejes	Nº raíces	Long. Raíces	Nº brotes	Long. Brotes	Diam. brotes	Altura total de planta
1	1	1										
		2										
		3										
2	2	1										
		2										
		3										
		1										
		.										
		.										
		.										
		.										
		.										
8	8	1										
		2										
		3										

Se identificaron las variables que se midieron en cada planta, según las columnas de la tabla: Número de plantas vivas, número de plantas muertas, diámetro del esqueje, altura del esqueje, número de raíces, longitud de las raíces, número de brotes, y altura total de la planta.

Se preparan los instrumentos necesarios para la medición de cada variable: regla métrica (para altura y longitud).

Recolección de Datos (por cada planta)

Para cada planta (fila de la tabla), se realizó lo siguiente:

1) **Número de plantas vivas:** Se contó el número de plantas que sobrevivieron en cada tratamiento.
2) **Número de plantas muertas:** Se contó el número de plantas que murieron en cada tratamiento.
3) **Diámetro del esqueje:** Se midió el diámetro del esqueje inicial con un vernier.
4) **Altura del esqueje:** Se midió la altura inicial del esqueje con una regla métrica.
5) **Número de raíces:** Se contó el número de raíces que ha desarrollado cada planta.
6) **Longitud de las raíces:** Se midió la longitud de las raíces principales con una regla métrica.
7) **Número de brotes:** Se contó el número de brotes que ha producido cada planta.
8) **Altura total de la planta:** Se midió la altura total de la planta con una regla métrica.

Registro de Datos

1) **Organización de los datos:** Los datos recolectados se registraron en la tabla, asignando cada valor a la planta correspondiente.
2) **Verificación de la información:** Después de cada medición, se verificó la precisión de los datos registrados.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Se utilizó la técnica de la medición directa que consistió en medir directamente las variables con instrumentos apropiados, asimismo, se realizó la técnica de la observación directa, verificando el estado de planta, también se documentó el crecimiento de las plantas con fotografías en diferentes etapas del experimento.

3.4.2. Instrumentos

El material vegetativo: esquejes de bambú de las siguientes especies: Guadua angustifolia y Guadua superba; para enraizar, se utilizó ramas y hojas de Sapo huasca (*Cissus Verticillata)* y agua que contiene el fruto del coco.

Materiales y equipos: cámaras de sub-irrigación, malla raschel (65 %), regla metálica, plumón indeleble, bolsas de tela, costales, atomizador o aspersor de agua, placa de identificación, papel periódico, libreta de campo, lápiz o lapicero, tijera podadora, recipiente de 10 lt, cinta adhesiva y guantes de protección.

Insumos: se aplicó la siguiente hormona: AIB (ácido indol butírico), sustratos (Para la desinfección de esquejes, se utilizará “Cupravit” (oxicloruro de cobre) y alcohol de 96º.

3.5. Preparación de materiales e insumos para la investigación

Instalación de las cámaras de sub-irrigación. Se instalaron cámaras de sub-irrigación, sobre un piso de cemento, ambas cámaras estarán cubiertas con doble tendido de malla Rashell (65% de sombra) a una altura de 2.50 m del suelo. El distanciamiento de ambas cámaras será de 35 cm y 1 m de distancia al exterior de la cobertura, esto para evitar la incidencia directa de los rayos de sol en horas tempranas.

Preparación de cámaras de sub-irrigación. Para realizar la construcción de cámaras de sub-irrigación, se utilizó madera pre - dimensionada de buena resistencia y durabilidad (Humedad). Se cubrió herméticamente con mica número 08 transparente de polietileno, con la finalidad de brindar las condiciones micro - climáticas idóneas. Fue necesario las siguientes medidas: 1 m de ancho y 2.5 m de largo, la altura entre 0.7 y 1 m, con una cubierta inclinada. Se sugirió tener en cuenta, el diseño original de (Mesen, 1998).

Preparación de sustratos. Se procedió a colocar dentro de la cámara, una capa aproximada de 1 cm de arena para proteger el plástico, que previamente se desinfectó en agua hervida por un lapso de 2 horas en exposición de fuego (para evitar la proliferación de agentes patógenos que pudiesen encontrarse en dicho material). Seguidamente, se incorporó piedras medianas con un espesor de 6 a 7 cm, luego piedras pequeñas que también pasaron por un proceso de desinfección con agua hervida), para luego aplicar una capa de 1 cm de gravilla (totalmente desinfectada). A continuación, se acopló un tubo de 4 pulgadas de diámetro y 16 cm de largo, en la esquina superior delantera, con la finalidad de agregar agua dentro de la cámara.

Por último, antes de ser colocado los sustratos en las cámaras, paso por un proceso de desinfección, dentro de un contenedor de metal, hirviendo por un lapso de 2 horas. Acto seguido, se colocó los sustratos en las cámaras: el contenido de los sustratos fue: 02 baldes (balde de 20 l) de humus de lombriz, 02 balde de gallinaza, 02 balde de cascarilla de arroz carbonizado (CAC), 02 balde de fibra de coco y 05 balde de arena media. Además, se adicionó 200 gr de Cupravit (oxicloruro de cobre) en polvo, hasta integrar todos los elementos.

Finalmente, al tener listo los sustratos en las cámaras de sub-irrigación, se procedió a delinear de manera equitativa, teniendo como apoyo el uso de una regla, con el fin de tener el total de tratamientos a distribuir en dichas cámaras con sus respectivas etiquetas con las iniciales de cada especie en cada uno de las cámaras, para evitar confusiones posteriores en el momento de la evaluación.

Preparación de los enraizadores naturales

El extracto de Sapo huasca (*Cissus verticillata*): para obtener el extracto, se colecto del jardín de plantas medicinales del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP Ucayali, 500 g de sapo huasca (*Cissus verticillata*), correspondiendo 150 g de hojas y 350 g de tallo, utilizando una tijera podadora, previamente desinfectada con alcohol (96°). Luego, el material fue cortado en

trozos pequeños con la ayuda de un cuchillo afilado y colocado en una botella plástica de 700 ml de capacidad; seguidamente, se añadió 200 ml de alcohol de 96° grados hasta cubrir la muestra para después, se dejó reposar en el armario del almacén del vivero del IIAP, durante 3 días en oscuridad (debido a su sensibilidad a la luz). Finalmente, se filtró con 2 láminas de gasa el extracto y, la muestra se colocó en un vaso de precipitado de 50 ml, quedando apta la hormona natural para ser aplicados en los esquejes de bambú.

Agua de coco (*Cocos nucifera*): se colectó 02 unidades del fruto tierno de 1.5 meses de edad (color verde) de la palmera del cocotero (Cocos nucifera) de 5 años de edad, en un predio agroforestal. Con la ayuda de un machete, se extrajo la cascará y se realizó un agujero en el centro del fruto; con 2 láminas de malla gasas se filtró el agua para luego ser colocado en un vaso de precipitado de 10 ml. Para el caso del extracto de agua de coco, no habia necesidad de almacenamiento, puesto que se colectó el mismo día de la ejecución del experimento.

Obtención de material vegetal y colecta de esquejes. Las colectas de material de propagación de las dos especies se realizaron en las plantaciones de bambú (Guadua angustifolia y Guadua superba) que se encuentran dentro de las instalaciones del IIAP – Ucayali. Se seleccionó las mejores matas (agrupación de bambúes), con las mejores características fenotípicas, estado maduro, buenas características de edad, altura, diámetro, y buen estado fitosanitario. Las muestras fueron colectadas a tempranas horas; utilizando una tijera podadora previamente desinfectada, se colectó la totalidad de ramas de la sección media.

Preparación de los esquejes de bambú paras las cámaras de sub-irrigación. Lo primero que se realizó es la preparación de los esquejes, realizando cortes en las ramas de bambú, con la ayuda de la tijera podadora previamente desinfectada con alcohol. Los esquejes se tomaron de la sección media del culmo.

Luego de obtener los esquejes, fueron sumergidos en una solución anti fúngica (30 gr de Cupravit/10 l de agua), en un periodo de 15 minutos. Posteriormente, fueron retiradas de la solución y colocadas sobre una superficie con papel absorbente, aproximadamente 5 minutos, para que absorba el excedente de la solución, quedando listas para la siguiente actividad, que es la aplicación hormona y los extractos naturales.

Aplicación de la hormona AIB. La hormona que se empleó fue el ácido-indol-3-butírico (AIB) en dosis de 1500 ppm, y un testigo sin hormona. La hormona se aplicó en la base de cada esqueje de bambú por inmersión rápida, durante 5 segundos en un vaso de precipitado de 50 ml, con un contenido de la dosis de AIB de 30 ml en posición vertical. Acto seguido, los esquejes de bambú pasaron por un ventilador durante 20 segundos, con la finalidad de que, el alcohol presente en la solución hormonal, se volatilice y sólo la hormona pueda adherirse.

3.6. Procesamiento para la recolección de datos

Se empleó el programa Microsoft Excel para la tabulación de los gráficos y la creación de una base de datos, los cuales fueron posteriormente analizados utilizando el software SPSS 26 para calcular los promedios obtenidos y determinar posibles diferencias significativas mediante la prueba de promedio de Tukey. Finalmente, los resultados fueron redactados en el programa Microsoft Word siguiendo las directrices establecidas por el reglamento de grados y títulos de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal, todo ello en el marco del estudio sobre el efecto de estimuladore de enraizamiento en la producción de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, llevado a cabo en Pucallpa.

Los tratamientos en estudio son los siguientes:

El experimento se estableció bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 4 × 2, correspondiente a:

- ✓ 3 sustratos

- ✓ 4 niveles de estimulador de enraizamiento
- ✓ 2 especies de bambú

Los factores evaluados fueron los siguientes:

Factor A: Sustrato

- ✓ Arena de río
- ✓ Humus de lombriz + CAC + fibra de coco
- ✓ Gallinaza + CAC + fibra de coco

Factor B: Estimulador de enraizamiento

- ✓ Sin estimulador (testigo)
- ✓ Ácido indol butírico (AIB)
- ✓ Extracto de sapo huasca
- ✓ Agua de coco

Factor C: Especie

- ✓ Guadua angustifolia
- ✓ Guadua superba

La combinación de los factores generó 12 tratamientos, los cuales fueron evaluados en dos especies de bambú, obteniéndose un arreglo factorial 3 × 4 × 2.

El modelo estadístico y tabla de análisis de varianza se presenta a continuación.

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Yij = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima medida repetida.

u = Media poblacional en estudio.

Ai = Efecto del primer factor tratamiento.

Bj = Efecto del segundo factor

Ck= Efecto del tercer factor

Eij = Error experimental o residual.

Esquema del análisis de varianza.

Esquema del análisis de varianza

En el Tabla 3, se muestra las fuentes de variabilidad que componen al análisis de variancia de acuerdo al modelo matemático utilizado para el experimento.

Tabla 2

Fuentes de variabilidad del análisis de variancia

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato					
Estimulador					
Especie					
Sustrato * Estimulador					
Sustrato * Especie					
Estimulador * Especie					
Sustrato * Estimulador * Especie					
Error					
Total					

Tabla 3

Distribución de los tratamientos y repeticiones en la parcela experimental

T3R2	T9R3	T10R1
T6R3	T16R1	T7R2
T8R1	T14R2	T12R3
T10R2	T7R3	T5R1
T7R3	T4R1	T2R2
T12R1	T15R3	T16R2
T11R2	T1R1	T11R3
T9R3	T6R2	T3R1
T4R2	T11R3	T14R1
T1R3	T8R2	T4R1
T5R3	T12R2	T13R1
T2R1	T10R3	T1R2

Tabla 4

Tratamientos y su combinación entre los niveles de los factores para ambas especies (Guadua angustifolia y Guadua superba)

Tratamientos	Código	Descripción
T1	a1b1	Arena de río - Sin estimulador (testigo)
T2	a1b2	Arena de río – AIB
T3	a1b3	Arena de río - Sapo huasca
T4	a1b4	Arena de río - Agua de coco
T5	a2b1	Humus + CAC + Fibra de coco - Sin estimulador (testigo)
T6	a2b2	Humus + CAC + Fibra de coco – AIB
T7	a2b3	Humus + CAC + Fibra de coco - Sapo huasca
T8	a2b4	Humus + CAC + Fibra de coco - Agua de coco
T9	a3b1	Gallinaza + CAC + Fibra de coco - Sin estimulador (testigo)
T10	a3b2	Gallinaza + CAC + Fibra de coco – AIB
T11	a3b3	Gallinaza + CAC + Fibra de coco - Sapo huasca
T12	a3b4	Gallinaza + CAC + Fibra de coco - Agua de coco

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación del efecto de estimuladores de enraizamiento y de los diferentes tipos de sustratos en el crecimiento de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes en Pucallpa.

- **Numero de raíces**

Tabla 5

Análisis de varianza de numero de raíces de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 3 estimuladores de enraizamiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	-valor
Sustrato	1,017	2	0,508	0,054	),947
Estimulador	162,625	3	54,208	5,805	),001
Especie	715,408	1	'15,408	76,617	),000
Sustrato * Estimulador	42,250	6	7,042	0,754	),608
Sustrato * Especie	30,217	2	15,108	1,618	),204
Estimulador * Especie	81,892	3	27,297	2,923	),038*
Sustrato * Estimulador * Especie	29,183	6	4,864	0,521	),791
Error	896,400	96	9,338		
Total	1958,992	119			

Existe interacción factorial (estimulador x especie) por lo que se tiene que desdoblar el anva3 en anva2, donde las especies serán constantes

De acuerdo con la tabla 5, el análisis revela que tanto el tipo de estimulador de enraizamiento como la especie de bambú tienen un efecto significativo en el número de raíces desarrolladas. Además, la interacción significativa entre el estimulador y la especie indica que el efecto del estimulador varía según la especie de bambú. Por lo tanto, es importante considerar la especie de bambú al elegir un estimulador de enraizamiento.

Dado que existe una interacción significativa entre el estimulador y la especie, fue necesario realizar análisis adicional (ANOVA de dos factores) para cada especie por separado. Esto permitió determinar cuál estimulador es más efectivo para cada especie de bambú.

Especie: Guadua angustifolia

Tabla 6

Promedio de numero de raíces de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Estimuladores	Sustrato		
	Arena de rio	Humus de lombriz+CAC+fibra de coco	Gallinaza +CAC+fibra de coco
sin estimulador	7.8	7.6	7.6
AIB	8.4	6.8	7.8
Sapo huasca	3.8	4.8	3.2
Agua de coco	6.6	11	6.8
Arena de rio= 6.65, Humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 7.55, Gallinaza +CAC+fibra de coco= 6.35			
Sin estimulador= 7.67			
AIB= 7.67			
Sapo huasca= 3.93			
Agua de coco= 8.13			

En la Tabla 6, se muestra los promedios del número de raíces para la especie *Guadua angustifolia* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. A continuación, se detallan las observaciones más relevantes:

Efecto de los Sustratos:

- El sustrato "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco" muestra el promedio más alto de número de raíces (7.55) en comparación con "Arena de río" (6.65) y "Gallinaza + CAC + fibra de coco" (6.35). Aunque el sustrato Humus de lombriz + CAC + fibra de coco presentó el mayor promedio de raíces (7.55), el análisis de varianza indicó que las diferencias entre sustratos no fueron estadísticamente significativas ($p>0.05$), por lo que no se puede afirmar que un sustrato sea superior a otro en el desarrollo radicular de *Guadua angustifolia*.

Efecto de los Estimuladores de enraizamiento:

- El estimulador agua de coco presentó el mayor promedio de número de raíces (8.13), seguido de sin estimulador y AIB (ambos con 7.67), mientras que sapo

huasca registró el promedio más bajo (3.93). Sin embargo, de acuerdo con la prueba de Tukey (Tabla 8), no se encontraron diferencias significativas entre agua de coco, AIB y el tratamiento sin estimulador, ya que estos pertenecen al mismo grupo homogéneo.

Interacciones Sustrato-Estimulador:

- En el sustrato "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco", el "Agua de coco" muestra el promedio más alto de número de raíces (11), lo que indica una interacción positiva entre este sustrato y este estimulador.
- En contraste, el "Sapo huasca" muestra los promedios más bajos en todos los sustratos, especialmente en "Gallinaza + CAC + fibra de coco" (3.2), lo que indica que este estimulador podría no ser adecuado para el enraizamiento de *Guadua angustifolia*.

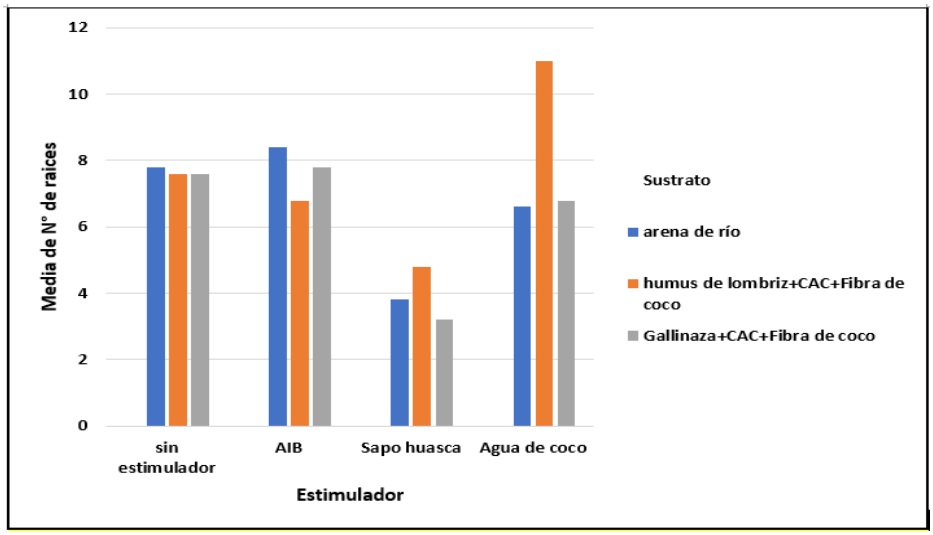
El "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco" parece ser el sustrato más beneficioso para el desarrollo de raíces en *Guadua angustifolia*, posiblemente debido a su alta capacidad de retención de agua y nutrientes, así como a su buena aireación.

1) Estimuladores: El "Agua de coco" se destaca como el estimulador más efectivo, lo que podría atribuirse a su contenido de citoquininas y otros nutrientes que promueven la división celular y el crecimiento de raíces.
2) Interacciones: La combinación de "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco" y "Agua de coco" parece ser particularmente efectiva, lo que indica que estos dos factores se complementan para favorecer el enraizamiento.

Estos resultados indican que, para la propagación de *Guadua angustifolia*, el uso de "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco" como sustrato y "Agua de coco" como estimulador de enraizamiento podría maximizar el número de raíces y, por ende, mejorar la tasa de éxito en el enraizamiento de esquejes.

Figura 2

Promedio del número de raíces de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento en Pucallpa.



En la Figura 2, se observa el comportamiento del número de raíces de *Guadua angustifolia* bajo la interacción de los diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento. Se aprecia que el estimulador agua de coco presentó los mayores promedios de raíces, especialmente en el sustrato humus de lombriz + CAC + fibra de coco, mientras que el estimulador sapo huasca registró los valores más bajos en todos los sustratos evaluados.

Tabla 7

Análisis de varianza del número de raíces de guadua angustifolia sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	15,600	2	7,800	0,579	0,564
Estimulador	172,317	3	57,439	4,265	0,009**
Sustrato * Estimulador	59,333	6	9,889	0,734	0,624
Error	646,400	48	13,467		
Total, corregido	893,650	59			

En la tabla 7, se observa que no existe interacción factorial, asimismo, por otro lado, se observa que el sustrato presenta un p-valor es 0.564, que es mayor que 0.05. Esto indica que no hay un efecto significativo del tipo de sustrato en el

número de raíces de *Guadua angustifolia*. En otras palabras, el tipo de sustrato utilizado (Arena de río, Humus de lombriz + CAC + Fibra de coco, Gallinaza + CAC + Fibra de coco) no influye significativamente en la cantidad de raíces que desarrollan las plántulas de bambú.

Sin embargo, el p-valor del estimulador es 0.009, que es menor que 0.01, indica que hay un efecto altamente significativo del estimulador de enraizamiento en el número de raíces. Esto indica que el uso de diferentes estimuladores (sin estimulador, AIB, Sapo huasca, Agua de coco) tiene un impacto notable en el desarrollo de raíces en *Guadua angustifolia*.

En la interacción Sustrato * Estimulador, el p-valor es 0.624, es mayor que 0.05. Esto indica que no hay una interacción significativa entre el sustrato y el estimulador. Esto significa que el efecto del estimulador no depende del tipo de sustrato utilizado. El análisis revela que el factor más importante que influye en el número de raíces de *Guadua angustifolia* es el tipo de estimulador de enraizamiento utilizado. El sustrato, por sí solo, no tiene un efecto significativo en el número de raíces. Además, no hay evidencia de que el efecto del estimulador varíe según el sustrato.

Dado que se encontraron diferencias significativas entre los estimuladores, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuáles estimuladores son significativamente diferentes entre sí. Esto permitió identificar cuál es el mejor estimulador para promover el enraizamiento en *Guadua angustifolia*.

Tabla 8

Prueba de Tukey para el número de raíces de la especie guadua angustifolia

Estimulador	Media (número de raices)	Grupos homogéneos	
Sapo huasca	39,333	A	
sin estimulador	76,667		B
AIB	76,667		B
Agua de coco	81,333		B

De acuerdo con la tabla 8, la prueba de Tukey indica que el estimulador "Sapo huasca" produce significativamente menos raíces en *Guadua angustifolia* en comparación con los otros estimuladores (sin estimulador, AIB y agua de coco). No hay diferencias significativas en el número de raíces producidas entre los estimuladores "Sin estimulador", "AIB" y "Agua de coco".

Estos resultados confirman que el "Sapo huasca" no es un estimulador efectivo para el enraizamiento de *Guadua angustifolia*. Los estimuladores "Sin estimulador", "AIB" y "Agua de coco" parecen ser igualmente efectivos para promover el enraizamiento en esta especie de bambú.

El desarrollo radicular de esquejes en especies forestales propagadas vegetativamente está estrechamente relacionado con la presencia de sustancias reguladoras de crecimiento que estimulan la diferenciación celular y la formación de raíces adventicias. En la investigación se evidenció que el uso de estimuladores de enraizamiento influye en el número de raíces desarrolladas en esquejes de *Guadua angustifolia*, lo cual coincide con lo señalado por Ramírez (2019), quien reporta que la aplicación de ácido indol butírico (AIB) favorece significativamente la propagación vegetativa del bambú al estimular la formación de raíces en condiciones de vivero.

Entre los estimuladores evaluados, el agua de coco presentó los mayores promedios de raíces. Este comportamiento puede atribuirse a su composición rica en fitohormonas naturales, principalmente auxinas y citoquininas, además de azúcares, vitaminas y minerales que favorecen la división celular y el desarrollo radicular en esquejes. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Camus (2021), quien encontró que la aplicación de agua de coco en la propagación de *Guadua angustifolia* permitió alcanzar altos porcentajes de prendimiento, evidenciando su potencial como estimulador natural en la propagación vegetativa de esta especie. De manera similar, Condori (2006) señala que el uso de enraizadores naturales como el agua de coco puede favorecer significativamente

el prendimiento de esquejes en vivero, debido a la presencia de compuestos orgánicos que estimulan el crecimiento radicular.

En contraste, el extracto de sapo huasca presentó un menor desarrollo radicular en comparación con los otros estimuladores evaluados. Este comportamiento indica que su efecto en la inducción de raíces puede variar según la especie vegetal y las condiciones de propagación. Al respecto, Trujillo (2012) reporta que el uso de extracto de sapo huasca no generó diferencias significativas en el enraizamiento de estacas de Myrciaria dubia (camu camu), indicando que la respuesta fisiológica a este tipo de bioestimulantes puede ser dependiente de la especie. Sin embargo, otros estudios han encontrado efectos favorables de este extracto en especies forestales; por ejemplo, Fasabi (2017) reportó que el extracto de sapo huasca promovió el enraizamiento y brotación de estaquillas de chuchuhuasi (Maytenus ebenifolia), lo que evidencia que la eficiencia de este estimulador puede variar según la especie y el tipo de tejido vegetal utilizado.

Por otro lado, el tipo de sustrato no mostró una influencia significativa en el número de raíces, lo que sugiere que los sustratos evaluados proporcionaron condiciones físicas adecuadas para el enraizamiento de los esquejes de *Guadua angustifolia*. Este comportamiento coincide con lo señalado por Rodríguez (2016), quien evaluó diferentes sustratos en la propagación de bambú y encontró que, aunque algunos tratamientos presentaron mejores promedios de crecimiento, las diferencias entre sustratos no siempre resultaron estadísticamente significativas. De manera similar, Quispe (2009**)** menciona que diversos sustratos orgánicos pueden proporcionar condiciones favorables para la propagación vegetativa de especies de bambú debido a su adecuada aireación, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes.

Especie: Guadua superba

Tabla 9

Promedio de numero de raíces de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Estimuladores	Sustrato		
	Arena de rio	Humus de lombriz+CAC+fibra de coco	Gallinaza +CAC+fibra de coco
sin estimulador	0.4	0.6	0.6
AIB	4.6	1.8	3.6
Sapo huasca	1.6	0.6	1.8
Agua de coco	3	2	3
Arena de rio= 2.40			
Humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 1.25			
Gallinaza +CAC+fibra de coco= 2.25			
Sin estimulador= 0.53			
AIB= 3.33			
Sapo huasca= 1.33			
Agua de coco= 2.67			

La tabla 9, presenta los promedios del número de raíces para la especie *Guadua superba* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. A continuación, se detallan las observaciones más relevantes:

Efecto de los Sustratos:

- El sustrato "Arena de río" muestra el promedio más alto de número de raíces (2.40) en comparación con "Humus de lombriz + CAC + fibra de coco" (1.25) y "Gallinaza + CAC + fibra de coco" (2.25). Aunque el sustrato arena de río presentó el mayor promedio de raíces, el análisis de varianza indicó que las diferencias entre sustratos no fueron estadísticamente significativas.

Efecto de los Estimuladores:

- El estimulador "AIB" presenta el promedio más alto de número de raíces (3.33), seguido de "Agua de coco" (2.67). Los estimuladores "Sapo huasca" (1.33) y "Sin estimulador" (0.53) muestran los promedios más bajos. Esto

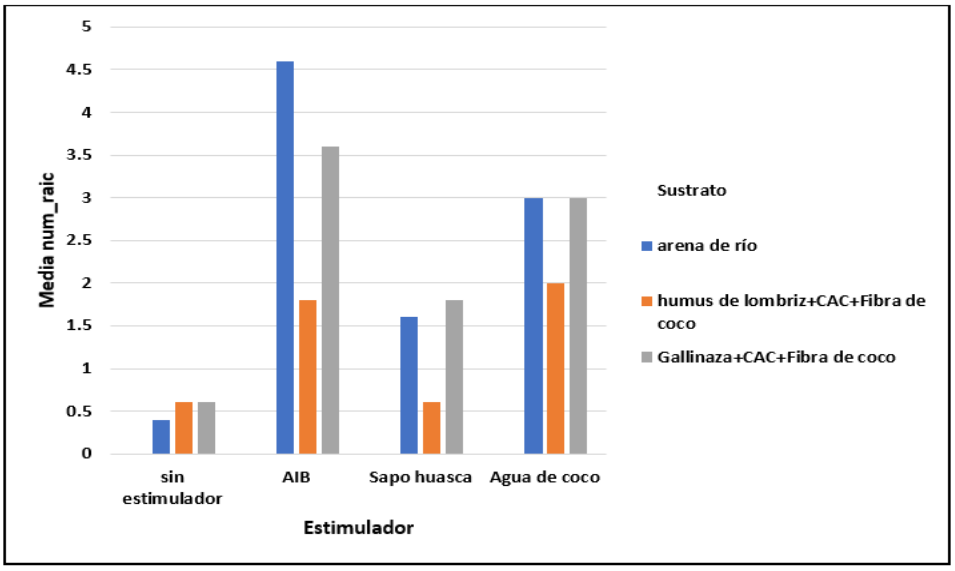
indica que el AIB podría ser el estimulador más efectivo para promover el enraizamiento en *Guadua superba*.

Interacciones Sustrato-Estimulador:

- En el sustrato "Arena de río", el "AIB" muestra el promedio más alto de número de raíces (4.6), lo que indica una interacción positiva entre este sustrato y este estimulador.
- En contraste, el "Sin estimulador" muestra los promedios más bajos en todos los sustratos, lo que indica que la ausencia de estimulador no es favorable para el enraizamiento de *Guadua superba*.

Figura 3

Número promedio de raíces de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento en Pucallpa



En la Figura 3, se observa el comportamiento del número de raíces de *Guadua superba* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Se aprecia que los mayores promedios se registraron en los tratamientos con AIB, especialmente en el sustrato arena de río, mientras que el tratamiento sin estimulador presentó los valores más bajos en todos los sustratos evaluados.

Tabla 10

Análisis de varianza del número de raíces de guadua superba sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	15,633	2	7,817	1,501	0,233
Estimulador	72,200	3	24,067	4,621	0,006**
Sustrato * Estimulador	12,100	6	2,017	0,387	0,884
Error	250,000	48	5,208		
Total	349,933	59			

No existe diferencias significativas entre sustratos
Si hay diferencias significativas entre estimuladores (se hace prueba de tukey)

En la tabla 10, se puede observar que en el efecto de sustrato (p = 0,233): No hubo diferencias significativas entre los tres tipos de sustratos. Esto significa que, en promedio, el número de raíces emitidas por los esquejes de *Guadua superba* no depende del sustrato utilizado. Por otro lado, el efecto de estimulador (p = 0,006):

Sí hubo diferencias significativas entre los cuatro tipos de estimuladores. Esto indica que la emisión de raíces estuvo determinada principalmente por el tipo de regulador de crecimiento o bioestimulante aplicado.

En la Interacción sustrato × estimulador (p = 0,884): No se encontró efecto de interacción. Esto significa que el comportamiento de cada estimulador fue similar en todos los sustratos; es decir, la respuesta al estimulador no depende del sustrato en que fue aplicado.

Tabla 11

Prueba tukey del número de raíces de guadua superba

Estimulador	Media (número de raíces)	Grupos homogéneos	
sin estimulador	0,5333	A	
Sapo huasca	13,333	A	B
Agua de coco	26,667	A	B
AIB	33,333		B

De acuerdo con la Tabla 11, la prueba de Tukey muestra que el tratamiento con AIB presentó el mayor número promedio de raíces, diferenciándose

significativamente del tratamiento sin estimulador. Por otro lado, los tratamientos con agua de coco y sapo huasca presentaron valores intermedios, sin mostrar diferencias significativas respecto al control ni respecto al tratamiento con AIB, al pertenecer a los mismos grupos homogéneos. Esto significa que no difieren significativamente de ninguno de los extremos, aunque muestran tendencia positiva hacia el enraizamiento. El tratamiento sin estimulador (0,53) mostró el menor número de raíces, claramente separado de AIB, lo que confirma que la aplicación de reguladores de crecimiento o bioestimulantes es fundamental en la propagación de *Guadua superba*.

Estos resultados indican que, para la propagación de *Guadua superba*, el uso de "Arena de río" como sustrato y "AIB" como estimulador de enraizamiento podría maximizar el número de raíces y, por ende, mejorar la tasa de éxito en el enraizamiento de esquejes. Para determinar las diferencias se hizo la comparación de las medias.

El resultado con AIB coincide con lo señalado por Hartmann et al. (2014), quienes indican que el AIB es una de las auxinas más efectivas para inducir raíces adventicias en especies leñosas y bambúes, debido a su estabilidad y baja degradación en tejidos vegetales. De manera similar, Castañeda-Mendoza et al. (2017) encontraron que el uso de AIB en propagación de *Bambusa vulgaris* incrementó significativamente el número de raíces y la tasa de sobrevivencia en comparación con el control.

En cuanto a los sustratos, la arena de río mostró mejor respuesta, lo que concuerda con Arrieta et al. (2018), quienes reportaron que sustratos con buena aireación y drenaje facilitan la formación de raíces en bambúes tropicales, frente a sustratos más orgánicos que pueden retener demasiada humedad y limitar el oxígeno. El efecto positivo del agua de coco ya había sido documentado por Yeboah et al. (2009) en plántulas forestales, al atribuir su acción al aporte de

hormonas naturales (auxinas y citoquininas) que promueven el crecimiento radicular.

El sapo huasca como estimulador natural aún es poco documentado en literatura, pero su menor efecto podría relacionarse con la baja concentración de fitohormonas comparado con el AIB o agua de coco.

Los resultados ratifican que el AIB es el más efectivo en la inducción de raíces en bambúes, como señalan Hartmann et al. (2014) y Castañeda-Mendoza et al. (2017), quienes lo consideran la auxina sintética más estable y eficiente para propagación vegetativa. El desempeño intermedio del agua de coco concuerda con lo reportado por Yeboah et al. (2009), quienes encontraron que este bioestimulante natural contiene auxinas y citoquininas capaces de inducir raíces, aunque con variabilidad según especie y concentración. El sapo huasca, aunque menos documentado, mostró un efecto positivo frente al control, lo que indica un potencial como bioestimulante alternativo; resultados similares se han observado con extractos vegetales usados en la propagación de especies tropicales (Arrieta et al., 2018). La baja respuesta en el control confirma que la propagación por esquejes en bambúes presenta limitaciones fisiológicas si no se utilizan auxinas exógenas o bioestimulantes (Dwivedi et al., 2014).

Desde el punto de vista estadístico, todos los sustratos son equivalentes → arena de río, humus+CAC+fibra de coco y gallinaza+CAC+fibra de coco. Sin embargo, en la práctica, si revisas tus medias de tratamientos, se suele recomendar: Arena de río como el más confiable, porque favorece aireación y drenaje, y suele asociarse con mayor número de raíces en combinación con AIB. Los sustratos orgánicos (humus, gallinaza + CAC + fibra de coco) pueden aportar nutrientes, pero a veces retienen más humedad y no necesariamente aumentan el enraizamiento inicial.

Comparación entre especies

Al comparar el comportamiento de ambas especies de bambú, se evidencian diferencias en la respuesta al uso de estimuladores de enraizamiento y sustratos. En el caso de *Guadua angustifolia*, los mayores promedios de número de raíces se observaron en los tratamientos que utilizaron agua de coco como estimulador, mientras que en *Guadua superba* el mejor desempeño se registró con la aplicación de ácido indol butírico (AIB).

Este comportamiento indica que la respuesta fisiológica al uso de estimuladores radiculares varía entre especies, posiblemente debido a diferencias en la sensibilidad hormonal y en la capacidad de formación de raíces adventicias. Asimismo, aunque los sustratos evaluados no mostraron diferencias estadísticas significativas en ambas especies, se observó una tendencia favorable hacia el uso de humus de lombriz + CAC + fibra de coco en *Guadua angustifolia* y arena de río en *Guadua superba*, lo cual podría estar relacionado con las propiedades físicas de cada sustrato, como la aireación, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes.

Estos resultados evidencian que la eficiencia de los estimuladores de enraizamiento puede depender tanto de las características fisiológicas de la especie como de las condiciones del sustrato utilizado, lo cual coincide con lo señalado por Hartmann et al. (2014), quienes indican que la respuesta al uso de reguladores de crecimiento en propagación vegetativa puede variar significativamente entre especies vegetales debido a diferencias en el balance hormonal interno y en la capacidad de diferenciación celular.

- **Diámetro de estaca**

Tabla 12

Análisis de varianza del diámetro de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	101,951	2	50,975	4,783	0,010
Estimulador	112,178	3	37,393	3,509	0,018
Especie	113,666	1	113,666	10,665	0,002
Sustrato * Estimulador	98,501	6	16,417	1,540	0,173
Sustrato * Especie	38,878	2	19,439	1,824	0,167
Estimulador * Especie	155,835	3	51,945	4,874	0,003**
Sustrato * Estimulador * Especie	125,099	6	20,850	1,956	0,080
Error	1,023,122	96	10,658		
Total	1,769,230	119			

Existe interacción factorial (estimulador x especie) por lo que se tiene que desdoblar el anva3 en anva2, donde las especies serán constantes

De acuerdo con la tabla 12, podemos observar que existe interacción, estimulador × especie resultó significativa, fue necesario desdoblar el análisis en un esquema bifactorial, manteniendo constante el factor especie. Esto permitió identificar, para cada especie de bambú, cuál de los estimuladores favoreció en mayor medida el engrosamiento del diámetro de estacas y, a la vez, determinar si existen patrones diferenciales de respuesta entre *G. angustifolia* y *G. superba*.

Especie: Guadua angustifolia

Tabla 13

Promedio del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores.

Estimuladores	Sustrato		
	Arena de rio	Humus de lombriz+CAC+fibra de coco	Gallinaza +CAC+fibra de coco
sin estimulador	5.762	6.2	9.212
AIB	5.47	5.246	6.666
Sapo huasca	4.278	6.204	5.628
Agua de coco	6.052	6.992	8.812
Arena de rio= 5.39, Humus de lombriz+CAC+fibra de coco=6.16, Gallinaza +CAC+fibra de coco= 7.58			
Sin estimulador= 7.06, AIB= 5.79, Sapo huasca= 5.37, Agua de coco= 7.29			

En la especie *Guadua angustifolia*, los promedios obtenidos para el diámetro de estaca muestran variaciones importantes en función tanto del sustrato

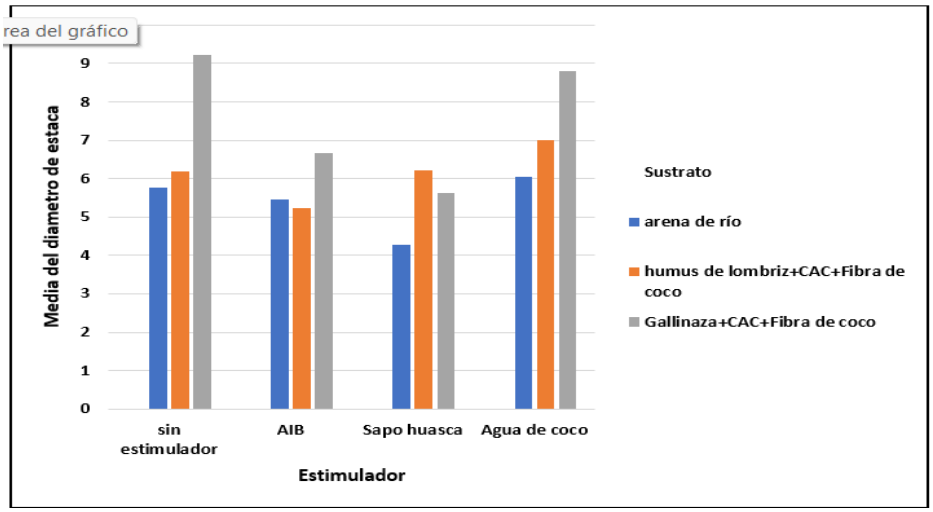
como del estimulador de enraizamiento empleado (Tabla 13). En términos de sustrato, el valor más alto se registró con gallinaza + CAC + fibra de coco (7.58 mm), seguido del tratamiento con humus de lombriz + CAC + fibra de coco (6.16 mm), mientras que el menor diámetro correspondió a arena de río (5.39 mm). Esto indica una tendencia hacia mayores valores de diámetro en los sustratos orgánicos en comparación con la arena de río.

En cuanto a los estimuladores de enraizamiento, los resultados indican que el mayor diámetro promedio se alcanzó con la aplicación de agua de coco (7.29 mm) y en ausencia de estimulador (7.06 mm), mientras que los valores más bajos correspondieron a sapo huasca (5.37 mm) y AIB (5.79 mm). Esto indica que los compuestos naturales presentes en el agua de coco favorecieron un incremento en el diámetro de las estacas, superando incluso al regulador sintético AIB, que presentó menor efecto en esta especie.

De manera general, puede afirmarse que en *Guadua angustifolia* los tratamientos más promisorios fueron aquellos que combinaron agua de coco o ausencia de estimulador con sustratos orgánicos, especialmente con gallinaza + CAC + fibra de coco, alcanzando diámetros superiores a los obtenidos en sustratos inertes.

Figura 4

Diámetro promedio de estaca de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la Figura 3, se observa el comportamiento del diámetro de estaca de *Guadua angustifolia* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores se registraron en los tratamientos con sustrato gallinaza + CAC + fibra de coco, especialmente en ausencia de estimulador y con agua de coco, mientras que los menores valores se observaron en el sustrato arena de río**.**

Tabla 14

Análisis de varianza del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	49,321	2	24,661	3,359	0,043
Estimulador	39,642	3	13,214	1,800	0,160
Sustrato * Estimulador	21,247	6	3,541	0,482	0,818
Error	352,397	48	7,342		
Total	462,606	59			

No existe diferencias significativas entre estimuladores
Si existe diferencias significativas entre sustratos (se hizo prueba tukey)

El análisis de varianza (Tabla 14), mostró que el diámetro de estaca en *Guadua angustifolia* presentó diferencias significativas entre sustratos (p = 0.043), mientras que no se encontraron diferencias estadísticas entre estimuladores (p = 0.160), ni en la interacción entre ambos factores (p = 0.818). Esto evidencia que la variabilidad en el diámetro de las estacas estuvo principalmente influenciada por el tipo de sustrato utilizado, independientemente del estimulador aplicado.

Tabla 15

Prueba de tukey del diámetro de estaca de la especie guadua angustifolia

Sustrato	Media	Grupos homogéneos	
arena de río	5,3905	A	
humus de lombriz+CAC+fibra de coco	6,1605	A	B
Gallinaza+CAC+fibra de coco	7,5795		B

La prueba de Tukey (Tabla 15), mostró que el sustrato gallinaza + CAC + fibra de coco presentó el mayor diámetro promedio de estaca, diferenciándose significativamente del tratamiento con arena de río, que registró el menor valor. Por otro lado, el tratamiento con humus de lombriz + CAC + fibra de coco presentó

valores intermedios, sin diferenciarse estadísticamente de los otros dos sustratos, al compartir letras en los grupos homogéneos.

Estos hallazgos confirman que los sustratos orgánicos (gallinaza y humus) ofrecen condiciones más favorables para el engrosamiento de las estacas, en comparación con un sustrato inerte como la arena de río, que limita la disponibilidad de nutrientes y la retención de humedad. Para *Guadua angustifolia*, el sustrato que permitió obtener el mayor diámetro de estacas fue gallinaza + CAC + fibra de coco, representando una alternativa recomendable para la propagación de esta especie, mientras que el efecto de los estimuladores fue mínimo o nulo en esta variable.

El desarrollo del diámetro en estacas durante la propagación vegetativa está estrechamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes y las condiciones físicas del sustrato, factores que influyen directamente en el crecimiento y vigor de los tejidos vegetales. En este contexto, diversos estudios han señalado que los sustratos con mayor contenido de materia orgánica favorecen el desarrollo vegetativo inicial en especies forestales propagadas en vivero, debido a su capacidad para mejorar la retención de humedad, la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica del suelo.

Al respecto, Rèvolo y Rèvolo (2018) reportaron que el uso de sustratos orgánicos como compost y fibra de coco favorece el crecimiento y vigor de plantas de *Guadua angustifolia*, mejorando variables morfológicas asociadas al desarrollo vegetativo en vivero. De manera similar, Quispe (2009) señala que la incorporación de materia orgánica en los sustratos utilizados para la propagación de especies de bambú mejora las condiciones físicas del medio, facilitando una adecuada aireación y disponibilidad de nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas durante las primeras etapas de desarrollo.

Por otro lado, los sustratos inertes como la arena suelen presentar menor disponibilidad de nutrientes, lo cual puede limitar el crecimiento vegetativo de los

esquejes. En este sentido, Rodríguez (2016) indica que los sustratos con mayor contenido de materia orgánica favorecen el crecimiento inicial de especies de bambú en vivero, debido a su capacidad para proporcionar nutrientes esenciales y mantener condiciones adecuadas de humedad en el sistema radicular.

En cuanto al uso de estimuladores de enraizamiento, diversos autores señalan que su efecto se manifiesta principalmente en la inducción y formación de raíces adventicias, más que en el incremento del diámetro o crecimiento estructural de los esquejes. En este sentido, Ramírez (2019) reporta que el ácido indol butírico (AIB) actúa principalmente estimulando la formación de raíces en la propagación vegetativa de *Guadua angustifolia*, mientras que variables relacionadas con el crecimiento vegetativo, como el diámetro del tallo, dependen en mayor medida de la disponibilidad de nutrientes y de las condiciones del sustrato. De manera similar, Zambrano (2020) señala que los enraizantes influyen principalmente en la rizogénesis, mientras que el crecimiento estructural de las plantas se encuentra más asociado a factores edáficos y nutricionales.

Estos antecedentes evidencian la importancia del sustrato como componente fundamental en la propagación de especies forestales, particularmente en bambúes, donde el desarrollo vegetativo inicial depende en gran medida de las condiciones físicas y nutricionales del medio de crecimiento.

- **Especie: Guadua superba**

Tabla 16

Promedio de diámetro de estaca de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Estimuladores	Sustrato		
	Arena de rio	humus de lombriz+CAC+fibra de coco	Gallinaza+CAC+fibra de coco
sin estimulador	0.0000	3.0580	1.1560
AIB	9.9800	2.6260	6.4820
Sapo huasca	3.7440	1.0200	7.3700
Agua de coco	5.4160	4.3840	7.9280
Arena de rio= 4.79			
humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 2.77			
Gallinaza+CAC+fibra de coco= 5.73			
Sin estimulador= 1.40			
AIB= 6.36			
Sapo huasca= 4.04			
Agua de coco= 5.91			

La evaluación del diámetro de estaca en *Guadua superba* mostró una marcada variabilidad en función de los tratamientos aplicados (Tabla 16). A nivel de sustratos, se observó que el mayor diámetro promedio se alcanzó con el uso de gallinaza + CAC + fibra de coco (5.73 mm), seguido por arena de río (4.79 mm), mientras que el menor valor correspondió al sustrato de humus de lombriz + CAC + fibra de coco (2.77 mm). Estos resultados indican que la gallinaza, al ser un material rico en nutrientes y con adecuada capacidad de retención de agua, favorece el desarrollo del grosor de las estacas, en contraste con el humus, cuyo aporte en este caso no generó incrementos relevantes.

En relación a los estimuladores de enraizamiento, el mayor diámetro promedio se obtuvo con AIB (6.36 mm), seguido de cerca por agua de coco (5.91 mm), mientras que el uso de sapo huasca (4.04 mm) y la ausencia de estimulador (1.40 mm) mostraron los menores valores. Esto indica que el empleo de reguladores de crecimiento sintéticos (AIB) y de fuentes naturales con alto contenido de citoquininas y auxinas (agua de coco) ejercen un efecto positivo sobre el engrosamiento de las estacas de *G. superba*.

A diferencia de lo observado en *Guadua angustifolia*, en *G. superba* los estimuladores desempeñaron un papel determinante, especialmente AIB y agua de coco, mientras que el efecto de los sustratos fue más moderado.

Tabla 17

Análisis de varianza del diámetro de estaca de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	91,508	2	45,754	3,274	0,046
Estimulador	228,371	3	76,124	5,448	0,003
Sustrato * Estimulador	202,354	6	33,726	2,414	0,051
Error	670,725	48	13,973		
Total	1192,958	59			

Existe diferencias significativas entre sustratos (prueba tukey)
Existe diferencias entre estimuladores (prueba tukey)

El análisis de varianza (tabla 17), mostró diferencias altamente significativas en el diámetro de estaca de *Guadua superba* tanto en función de los sustratos (p = 0.046) como de los estimuladores de enraizamiento (p = 0.003) (Tabla 17). Asimismo, la interacción entre ambos factores presentó una tendencia cercana a la significancia estadística (p = 0.051), lo que indica que la respuesta del diámetro podría variar dependiendo de la combinación de tratamientos, aunque sin alcanzar diferencias estadísticamente concluyentes.

Tabla 18

Prueba tukey del diámetro promedio de estaca de la especie guadua superba

Sustrato	Media	Grupos homogéneos	
humus de lombriz+CAC+fibra de coco	2,7720	A	
arena de río	4,7850	A	B
Gallinaza+CAC+fibra de coco	5,7340		B

Letras iguales no son diferentes

De acuerdo con la prueba de Tukey (Tabla 18), el mayor diámetro promedio se registró en el sustrato gallinaza + CAC + fibra de coco (5.73 mm), seguido de arena de río (4.78 mm) y finalmente humus de lombriz + CAC + fibra de coco (2.77 mm). Esto evidencia que el aporte nutricional y la capacidad de retención hídrica de la gallinaza favorecen de manera más eficiente el engrosamiento de las estacas, mientras que el humus no promovió incrementos significativos.

Tabla 19

Prueba Tukey para los estimuladores

Estimulador	Media	Grupos homogéneos	
sin estimulador	1,4047	A	
Sapo huasca	4,0447	A	B
Agua de coco	5,9093		B
AIB	6,3627		B

Letras iguales no son diferentes

Respecto a los estimuladores (Tabla 19), los valores más altos se obtuvieron con AIB (6.36 mm) y agua de coco (5.91 mm), conformando un grupo homogéneo estadísticamente superior, en comparación con sapo huasca (4.04

mm) y la ausencia de estimulador (1.40 mm), los cuales mostraron efectos limitados. Estos resultados confirman la eficacia del regulador de crecimiento sintético (AIB) y de la fuente natural rica en hormonas vegetales (agua de coco) en la promoción del desarrollo diametral de las estacas.

El diámetro de estaca constituye un indicador importante del vigor vegetativo en procesos de propagación, debido a que refleja la capacidad de acumulación de reservas y el potencial de crecimiento de los tejidos. En el estudio se evidenció que el comportamiento de esta variable difiere entre las dos especies evaluadas, lo que indica diferencias fisiológicas en la respuesta al sustrato y a los estimuladores de crecimiento.

En *Guadua angustifolia*, el desarrollo del diámetro estuvo asociado principalmente al tipo de sustrato utilizado, destacando los sustratos orgánicos como gallinaza + CAC + fibra de coco y humus de lombriz + CAC + fibra de coco. Este comportamiento puede explicarse por el mayor aporte de nutrientes y la mejora de las propiedades físicas del sustrato, tales como la retención de humedad y la aireación. Resultados similares han sido reportados por Gonzales et al. (2019), quienes señalan que la incorporación de materia orgánica en los sustratos incrementa el vigor de las estacas y favorece el crecimiento vegetativo en especies leñosas.

En contraste, en *Guadua superba* se observó una mayor influencia tanto del sustrato como del uso de estimuladores de enraizamiento. En esta especie, el uso de AIB y agua de coco promovió mayores valores de diámetro en las estacas. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Hartmann et al. (2014), quienes indican que el ácido indol butírico (AIB) es una de las auxinas más eficaces en la propagación vegetativa de especies leñosas, al estimular procesos fisiológicos asociados al crecimiento de tejidos. Asimismo, el efecto favorable del agua de coco se atribuye a su contenido de citoquininas y auxinas naturales,

compuestos que pueden favorecer el desarrollo vegetativo de los esquejes, como lo reportan Ali et al. (2017) en estudios de propagación de especies tropicales.

Las diferencias observadas entre ambas especies indican que la respuesta al uso de sustratos y estimuladores depende en gran medida de las características fisiológicas de cada especie. En este sentido, Liese y Köhl (2015) y Londoño (2018) destacan que las especies de bambú presentan comportamientos diferenciados en los procesos de propagación vegetativa, por lo que las condiciones de enraizamiento y crecimiento deben ajustarse a los requerimientos específicos de cada especie.

En conjunto, los resultados obtenidos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente tanto el sustrato como los estimuladores de crecimiento en la propagación de bambú, considerando que cada especie puede responder de manera distinta a estos factores.

- **Longitud total de raíces**

Tabla 20

Promedio de longitud total de raíces (cm) de dos especies de bambú sometidos a tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Sustrato	Estimulador	Especies	
		Guadua angustifolia	Guadua superba
arena de río	sin estimulador	96.60	5.60
	AIB	98.20	52.00
	Sapo huasca	42.40	10.80
	Agua de coco	62.00	29.80
humus de lombriz+CAC+Fibra de coco	sin estimulador	114.90	7.60
	AIB	86.60	20.00
	Sapo huasca	41.50	10.20
	Agua de coco	167.60	14.60
Gallinaza+CAC+Fibra de coco	sin estimulador	109.60	6.60
	AIB	113.60	54.00
	Sapo huasca	61.80	24.20
	Agua de coco	99.00	20.60
Arena de rio= 49.68cm Humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 57.88cm Gallinaza+CAC+fibra de coco= 61.18 Sin estimulador= 56.82cm AIB= 70.33cm Sapo huasca= 31.82cm Agua de coco= 65.60cm			
Guadua angustifolia= 91.25cm Guadua superba= 21.33			

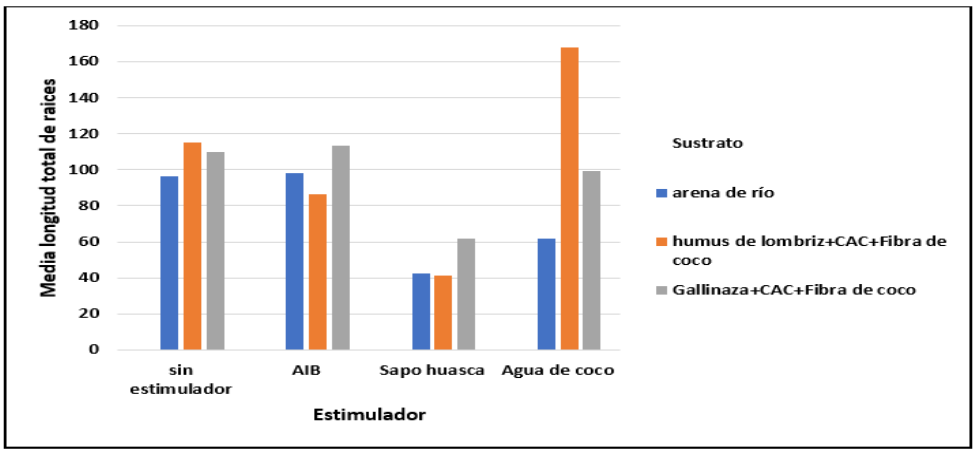
En la Tabla 20, se presentan los valores de la longitud total de raíces de *Guadua angustifolia y Guadua superba*, bajo tres tipos de sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento. Se observó que la especie *Guadua angustifolia* presentó el mayor promedio general de raíces (91.25 cm), mientras que *Guadua superb*a alcanzó un valor promedio mucho menor (21.33 cm), evidenciando diferencias marcadas en la capacidad de enraizamiento entre especies.

En cuanto a los sustratos, los mayores promedios se registraron en el tratamiento con gallinaza+CAC+fibra de coco (61.18 cm), seguido por humus de lombriz+CAC+fibra de coco (57.88 cm), mientras que la arena de río presentó el menor valor (49.68 cm). Respecto a los estimuladores de enraizamiento, el AIB mostró la mayor longitud de raíces (70.33 cm), seguido del agua de coco (65.60 cm), en tanto que el sapo huasca registró el menor valor (31.82 cm).

Un resultado particular se observó en *Guadua angustifolia* con humus de lombriz + CAC + fibra de coco y agua de coco, donde se obtuvo la longitud máxima de raíces (167.60 cm), mientras que en *Guadua superba* sin estimulador en arena de río se registraron los valores mínimos (5.60 cm).

Figura 5

Longitud total de raíces de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.

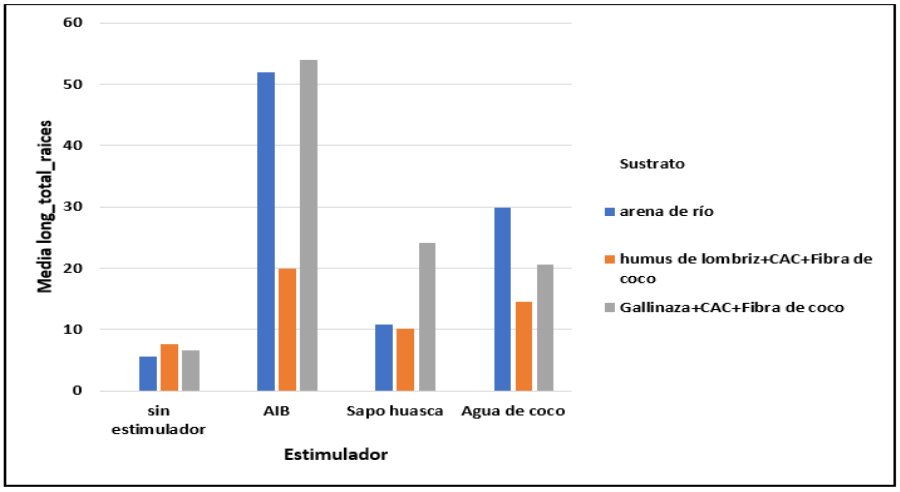


En la Figura 5, se observa el comportamiento de la longitud total de raíces de *Guadua angustifolia* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores se registraron en el

tratamiento con humus de lombriz + CAC + fibra de coco y agua de coco, mientras que los menores valores se observaron en los tratamientos con sapo huasca.

Figura 6

Longitud total de raíces de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la Figura 6, se aprecia que los mayores valores de longitud de raíces se registraron en los tratamientos con AIB, especialmente en los sustratos arena de río y gallinaza + CAC + fibra de coco, mientras que el tratamiento sin estimulador presentó los menores valores.

Tabla 21

Análisis de varianza de longitud total de raíces de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 4 estimuladores de enraizamiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	2805,067	2	1402,533	0,496	0,611
Estimulador	26834,942	3	8944,981	3,162	0,028
Especie	146231,008	1	146231,008	51,690	0,000
Sustrato * Estimulador	15270,633	6	2545,106	0,900	0,499
Sustrato * Especie	7722,867	2	3861,433	1,365	0,260
Estimulador * Especie	20509,542	3	6836,514	2,417	0,071
Sustrato * Estimulador * Especie	11811,233	6	1968,539	0,696	0,654
Error	271583,700	96	2828,997		
Total, corregido	502768,992	119			

No hay interacción factorial
No hay diferencias significativas entre sustratos
Hay diferencias significativas entre estimuladores (prueba de tukey)
Hay diferencias entre especies (comparación de medias)

El análisis de varianza (Tabla 21), indicó que el tipo de sustrato no influyó significativamente en la longitud total de raíces (p = 0.611). Sin embargo, se

detectaron diferencias significativas entre estimuladores de enraizamiento ($p = 0.028$) y altamente significativas entre especies ($p < 0.001$).

En este sentido, la prueba de Tukey permitió precisar qué grupos de estimuladores difieren entre sí, aunque los promedios ya evidencian un mejor desempeño del AIB (70.33 cm), seguido por agua de coco (65.60 cm), mientras que el sapo huasca resultó menos efectivo (31.82 cm).

Tabla 22

Prueba Tukey de longitud total de raíces de dos especies de bambú

Estimulador	Media (cm)	Grupos homogéneos	
Sapo huasca	31,8167	A	
sin estimulador	56,8167	A	B
Agua de coco	65,6000	A	B
AIB	70,7333		B

Letras iguales no son diferentes

La prueba de Tukey (Tabla 22), evidenció que el AIB obtuvo el mayor promedio de longitud de raíces (70.73 cm), diferenciándose estadísticamente del sapo huasca (31.81 cm), que mostró el menor valor. Por otro lado, los tratamientos con agua de coco (65.60 cm) y sin estimulador (56.81 cm) se ubicaron en un rango intermedio, compartiendo grupos homogéneos con ambos extremos. En cuanto a la comparación entre especies, *Guadua angustifolia* presentó un comportamiento significativamente superior en la longitud total de raíces (91.25 cm), en relación con *Guadua superba* (21.33 cm), lo que refleja una marcada diferencia fisiológica entre los materiales evaluados.

Los resultados obtenidos evidencian que la longitud total de raíces estuvo fuertemente influenciada por el tipo de especie y el estimulador de enraizamiento, mientras que el efecto del sustrato no fue determinante. En este sentido, *Guadua angustifolia* mostró un desarrollo radicular significativamente superior a *Guadua superba*, lo cual coincide con lo señalado por Castaño et al. (2011), quienes reportan que *Guadua angustifolia* presenta una mayor capacidad de regeneración

vegetativa debido a su vigor fisiológico y reservas nutricionales acumuladas en los culmos.

En cuanto a los estimuladores, el AIB promovió la mayor longitud radicular (70.73 cm), diferenciándose estadísticamente de los demás. Este resultado concuerda con lo descrito por Hartmann, Kester y Davies (2014), quienes mencionan que las auxinas sintéticas como el AIB estimulan la división y elongación celular en raíces adventicias, siendo uno de los reguladores más efectivos en propagación vegetativa de especies leñosas y gramíneas.

El agua de coco (65.60 cm) se comportó como un bioestimulante intermedio, mostrando valores similares a los del tratamiento sin regulador. Esto podría explicarse porque el agua de coco contiene auxinas y citoquininas naturales en bajas concentraciones (Yong et al., 2009), que pueden favorecer el enraizamiento, pero sin alcanzar la eficacia de una hormona sintética como el AIB.

Por otro lado, el sapo huasca registró el menor promedio (31.82 cm), lo que indica que este extracto vegetal no tuvo un efecto positivo en la elongación radicular. Resultados similares fueron observados por Moreno et al. (2020) al evaluar bioproductos naturales en el enraizamiento de especies forestales, donde concluyeron que algunos extractos vegetales presentan efectos variables según la especie y la concentración empleada.

En general, el hecho de que no existieran diferencias estadísticas entre sustratos muestra que la disponibilidad de nutrientes y aireación del medio no fue un factor limitante, y que la respuesta radicular stuvo principalmente asociada al tipo de especie y al estimulador de enraizamiento. Esto coincide con lo propuesto por Hartmann y Davies (2014), quienes indican que el factor determinante en la propagación asexual no siempre es el medio de enraizamiento, sino la capacidad intrínseca del material vegetal y el uso de reguladores de crecimiento.

- **Numero de brotes**

Tabla 23

Análisis de varianza del número de brotes de dos especies de bambú bajo tres sustratos y 3 estimuladores de enraizamiento

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	0,817	2	0,408	0,381	0,684
Estimulador	12,292	3	4,097	3,826	0,012
Especie	37,408	1	37,408	34,934	0,000
Sustrato * Estimulador	3,983	6	0,664	0,620	0,714
Sustrato * Especie	4,117	2	2,058	1,922	0,152
Estimulador * Especie	21,825	3	7,275	6,794	0,000**
Sustrato * Estimulador * Especie	4,550	6	0,758	0,708	0,644
Error	102,800	96	1,071		
Total corregido	187,792	119			

Existe interacción factorial por lo que se desdobla el anva3 en anva2. En donde la especie paso a ser constante.

El análisis de varianza (tabla 23), muestra que los efectos de los bioestimuladores no fueron homogéneos entre *Guadua angustifolia* y *Guadua superba*, lo cual obliga a realizar un desdoblamiento del análisis de varianza considerando a la especie como constante. En cambio, las demás interacciones no resultaron significativas, lo que confirma que el factor sustrato no modificó de manera consistente la respuesta de los estimuladores ni de las especies evaluadas.

- **Especie: Guadua angustifolia**

Tabla 24

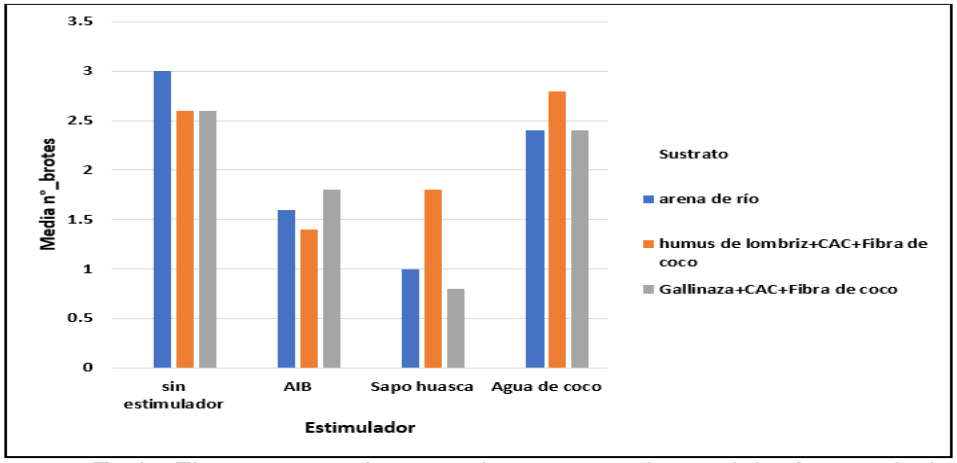
Promedio de número de brotes de la especie Guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

	Sustratos		
Estimuladores	**Arena de rio**	**Humus de lombriz+ CAC+fibra de coco**	**Gallinaza+CAC+fibra de coco**
sin estimulador	3.0000	2.6000	2.6000
AIB	1.6000	1.4000	1.8000
Sapo huasca	1.0000	1.8000	0.8000
Agua de coco	2.4000	2.8000	2.4000
arena de rio=2			
humus de lombriz=2.15			
gallinaza=1.9			
sin estimulador=2.7333			
AIB=1.6000			
Sapo huasca=1.2000			
Agua de coco=2.5333			

En la Tabla 24, se presentan las medias del número de brotes de *Guadua angustifolia* bajo tres tipos de sustrato y cuatro estimuladores de enraizamiento. Se observa que los valores promedio por sustrato fueron similares, con ligeras variaciones entre arena de río (2,0 brotes), humus de lombriz + CAC + fibra de coco (2,15 brotes) y gallinaza + CAC + fibra de coco (1,9 brotes). En contraste, los estimuladores mostraron diferencias más marcadas: el mayor número de brotes se registró en el tratamiento sin estimulador (2,73 brotes), seguido por agua de coco (2,53 brotes), mientras que AIB y sapo huasca redujeron la brotación (1,60 y 1,20 brotes, respectivamente).

Figura 7

Número de brotes de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la Figura 7, se observa el comportamiento del número de brotes de Guadua angustifolia bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores de brotación se registraron en los tratamientos sin estimulador y con agua de coco, mientras que los tratamientos con AIB y sapo huasca presentaron menores promedios de brotes.

Tabla 25

Análisis de varianza del número de brotes de la especie guadua angustifolia utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	0,633	2	0,317	0,252	0,779
Estimulador	24,317	3	8,106	6,442	0,001
Sustrato * Estimulador	3,633	6	0,606	0,481	0,819
Error	60,400	48	1,258		
Total corregido	88,983	59			

El análisis de varianza (Tabla 25), indicó que el factor sustrato no influyó significativamente en la variable evaluada (p = 0,779), mientras que el factor estimulador sí presentó diferencias altamente significativas (p = 0,001). Asimismo, la interacción entre sustrato y estimulador no fue significativa (p = 0,819), lo que demuestra que el efecto sobre la brotación depende principalmente del tipo de estimulador, independientemente del sustrato utilizado.

Tabla 26

Prueba Tukey del número de brotes de la especie guadua angustifolia

Estimulador	Media	Grupos homogéneos		
Sapo huasca	1,2000	A		
AIB	1,6000	A	B	
Agua de coco	2,5333		B	C
sin estimulador	2,7333			C

Letras iguales no son diferentes

La prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 26), evidenció la formación de tres grupos homogéneos. El menor número de brotes se obtuvo con sapo huasca (1,20 brotes, grupo A), seguido por AIB (1,60 brotes, grupo A–B). En contraste, los mayores valores correspondieron al uso de agua de coco (2,53 brotes, grupo B–C) y a la ausencia de estimulador (2,73 brotes, grupo C).

En Guadua angustifolia, el número de brotes no presentó diferencias significativas entre sustratos; sin embargo, sí se observaron diferencias significativas entre estimuladores de enraizamiento, siendo más favorables los tratamientos con agua de coco y sin estimulador, mientras que AIB y sapo huasca mostraron menor capacidad de brotación.

El comportamiento observado en la brotación de *Guadua angustifolia* sugiere que la emisión de brotes está más asociada a la fisiología propia del material vegetal y al efecto de los reguladores de crecimiento que a las características físicas del sustrato. En especies de bambú propagadas por esquejes, la brotación depende en gran medida de las reservas fisiológicas almacenadas en los nudos y de la activación de yemas axilares latentes, las cuales pueden responder de manera diferente a la presencia de auxinas o bioestimulantes externos.

En este sentido, Hartmann et al. (2014) señalan que el uso de auxinas sintéticas, como el ácido indolbutírico (AIB), suele estimular principalmente la formación de raíces adventicias, pero no necesariamente promueve la brotación aérea. Esto podría explicar por qué en el presente estudio los tratamientos con AIB no favorecieron el incremento del número de brotes en *Guadua angustifolia*, ya que la acción de esta hormona se orienta más hacia la diferenciación radicular que hacia el crecimiento de brotes.

Por otro lado, el comportamiento favorable observado en los tratamientos con agua de coco puede atribuirse a la presencia de fitohormonas naturales, especialmente citoquininas, las cuales están directamente relacionadas con la división celular y la activación de yemas laterales. Yong et al. (2009) indican que el agua de coco contiene citoquininas, auxinas y otros compuestos orgánicos que pueden estimular procesos de crecimiento vegetativo, incluyendo la brotación en diversas especies vegetales propagadas vegetativamente.

Asimismo, el hecho de que la ausencia de estimulador haya presentado valores comparables a los tratamientos con bioestimulantes podría estar relacionado con la alta capacidad fisiológica de regeneración de *Guadua angustifolia*. Según Castaño et al. (2011), esta especie presenta una elevada capacidad de rebrote debido a la acumulación de reservas de carbohidratos en

los tejidos nodales, lo que permite la activación espontánea de yemas incluso en condiciones de manejo sin reguladores de crecimiento.

Moreno et al. (2020). En contraste, el menor desempeño observado con el extracto de sapo huasca podría deberse a la baja concentración o disponibilidad de compuestos hormonales capaces de inducir procesos de brotación. Diversos estudios sobre bioestimulantes vegetales indican que los extractos naturales pueden presentar efectos variables dependiendo de la especie, la concentración y las condiciones fisiológicas del material vegetal.

En conjunto, estos resultados sugieren que en *Guadua angustifolia* la emisión de brotes está más influenciada por el equilibrio hormonal interno del material vegetal que por las propiedades del sustrato utilizado. Además, evidencian que el uso de bioestimulantes ricos en citoquininas, como el agua de coco, puede favorecer la activación de yemas y la formación de brotes, mientras que reguladores orientados principalmente al enraizamiento, como el AIB, no necesariamente incrementan la brotación.

- **Especie: Guadua superba**

Tabla 27

Promedio de numero de brotes de la especie Guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

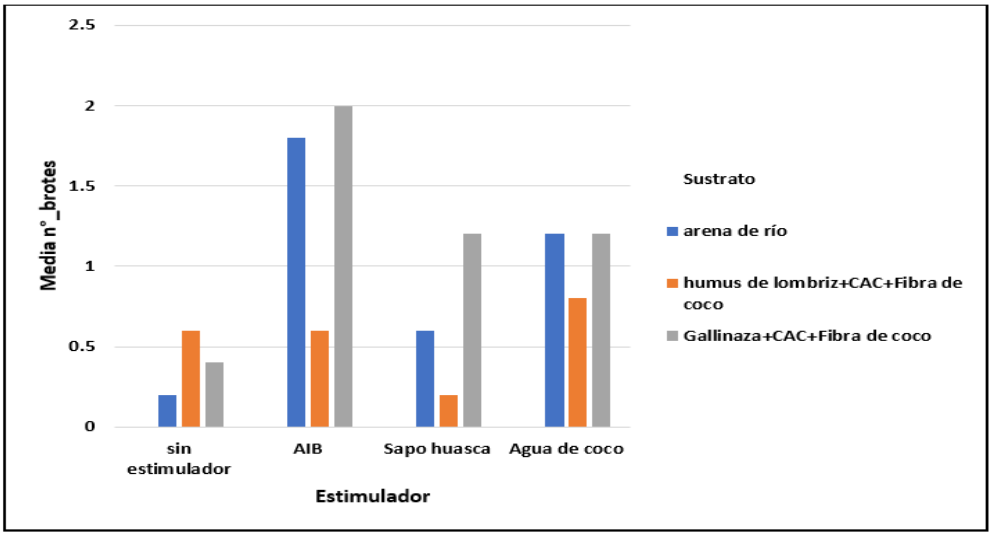
Estimuladores	Sustratos		
	arena de rio	humus	gallinaza
sin estimulador	0.2000	0.6000	0.4000
AIB	1.8000	0.6000	2.0000
Sapo huasca	0.6000	0.2000	1.2000
Agua de coco	1.2000	0.8000	1.2000
Arena de río= 0.95 Humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 0.55 Gallinaza+CAC+fibra de coco= 1.2 Sin estimulador= 0.40 AIB= 1.47 Sapo huasca= 0.67 Agua de coco= 1.07			

En la Tabla 27, se muestran las medias del número de brotes de *Guadua superba* bajo tres tipos de sustrato y cuatro estimuladores de enraizamiento. En

cuanto a los sustratos, se observó un promedio de 0,95 brotes en arena de río, 0,55 brotes en humus de lombriz + CAC + fibra de coco y 1,20 brotes en gallinaza + CAC + fibra de coco. Respecto a los estimuladores, el mayor número de brotes se presentó con AIB (1,47 brotes), seguido por agua de coco (1,07 brotes), mientras que sapo huasca y el tratamiento sin estimulador reportaron los valores más bajos (0,67 y 0,40 brotes, respectivamente).

Figura 8

Número promedio de brotes de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la Figura 8, se observa el comportamiento del número de brotes de *Guadua superba* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores de brotación se registraron en los tratamientos con AIB, especialmente en el sustrato gallinaza + CAC + fibra de coco, mientras que el tratamiento sin estimulador presentó los valores más bajos.

Tabla 28

Análisis de varianza del número de brotes de la especie guadua superba utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	4,300	2	2,150	2,434	0,098
Estimulador	9,800	3	3,267	3,698	0,018
Sustrato * Estimulador	4,900	6	0,817	0,925	0,486
Error	42,400	48	0,883		
Total corregido	61,400	59			

No existe diferencias significativas entre sustratos
Existe diferencias significativas entre estimuladores (prueba tukey)

El análisis de varianza (Tabla 28), indicó que el factor sustrato no influyó significativamente sobre el número de brotes (p = 0,098), mientras que el factor estimulador sí mostró diferencias significativas (p = 0,018). Asimismo, la interacción entre sustrato y estimulador no resultó significativa (p = 0,486), lo que confirma que el efecto sobre la brotación se debe principalmente al tipo de estimulador, independientemente del sustrato empleado.

Tabla 29

Prueba tukey del número de brotes de la especie guadua superba

Estimulador	Media	Grupos homogéneos	
sin estimulador	0,4000	A	
Sapo huasca	0,6667	A	B
Agua de coco	1,0667	A	B
AIB	1,4667		B

Letras iguales no son diferentes

La prueba de Tukey (Tabla 29), permitió distinguir dos grupos principales. El menor número de brotes se obtuvo en el tratamiento sin estimulador (0,40 brotes, grupo A). Valores intermedios se registraron con sapo huasca (0,67 brotes) y agua de coco (1,07 brotes), que compartieron los grupos A–B. Finalmente, el mayor número de brotes se observó con AIB (1,47 brotes), ubicado en el grupo B, significativamente superior al control sin estimulador.

Para la especie *Guadua superba,* el número de brotes no presentó diferencias significativas entre sustratos, pero sí entre estimuladores de enraizamiento, siendo el AIB el tratamiento más favorable para la brotación, en contraste con la ausencia de estimulador, que registró los valores más bajos.

Los resultados obtenidos evidencian que el número de brotes en las especies de bambú evaluadas estuvo influenciado principalmente por el tipo de estimulador de enraizamiento, mientras que el sustrato no ejerció un efecto significativo sobre esta variable. Este comportamiento sugiere que la brotación en estacas de bambú depende principalmente de los reguladores hormonales que

intervienen en la activación de yemas axilares, más que de las propiedades físicas o químicas del medio de crecimiento.

En *Guadua angustifolia*, la brotación fue mayor en los tratamientos sin estimulador y con agua de coco, lo que sugiere que esta especie posee una alta capacidad fisiológica de regeneración vegetativa. Este comportamiento puede explicarse por la presencia de reservas de carbohidratos y hormonas endógenas en los nudos del bambú, las cuales permiten la activación de yemas latentes incluso en ausencia de reguladores externos. En este sentido, Castaño et al. (2011) señalan que *Guadua angustifolia* presenta una elevada capacidad de rebrote debido a la acumulación de reservas fisiológicas en los culmos, lo que facilita la emisión de brotes durante la propagación vegetativa.

Por otro lado, el efecto positivo del agua de coco observado en esta especie puede atribuirse a su contenido de fitohormonas naturales, principalmente citoquininas y auxinas, que participan en la división celular y en la activación de meristemos laterales. Según Yong et al. (2009), el agua de coco contiene compuestos orgánicos que estimulan procesos de crecimiento vegetativo, incluyendo la brotación y el desarrollo de nuevos tejidos en especies propagadas vegetativamente.

En contraste, *Guadua superba* mostró una respuesta distinta, donde el uso de AIB resultó determinante para estimular la emisión de brotes. Este comportamiento sugiere una mayor dependencia de reguladores hormonales externos para activar los procesos de crecimiento en esta especie. Hartmann et al. (2014) indican que el ácido indolbutírico (AIB) es una de las auxinas sintéticas más utilizadas en propagación vegetativa debido a su estabilidad y su capacidad para estimular la división y diferenciación celular, procesos que pueden favorecer tanto la formación de raíces como la activación de brotes en determinadas especies.

El comportamiento intermedio observado con el agua de coco en *Guadua superba* también concuerda con lo reportado en otras especies de bambú. López y Pineda (2019) señalaron que este bioestimulante natural puede favorecer la brotación debido a su contenido de reguladores de crecimiento y azúcares solubles, aunque su efecto suele ser menor que el de auxinas sintéticas como el AIB.

Rodríguez et al. (2020). Por otro lado, el limitado efecto del extracto de sapo huasca observado en ambas especies podría relacionarse con la baja concentración de compuestos hormonales activos en este bioestimulante. Diversos estudios han señalado que los extractos vegetales pueden presentar respuestas variables en propagación clonal, dependiendo de su composición química y de la capacidad de absorción por parte de los tejidos vegetales.

En conjunto, los resultados indican que la respuesta a los estimuladores de crecimiento varía entre especies de bambú, lo cual evidencia diferencias fisiológicas en la regulación hormonal de la brotación. Mientras *Guadua angustifolia* presenta una mayor capacidad de brotación incluso sin la aplicación de estimuladores externos, *Guadua superba* muestra una respuesta más dependiente del uso de auxinas sintéticas como el AIB. Estos resultados indican la necesidad de aplicar estrategias diferenciadas de propagación según la especie, optimizando el uso de bioestimulantes y reguladores de crecimiento para mejorar la eficiencia en la producción de plántulas de bambú.

- **Altura de estaca**

Tabla 30

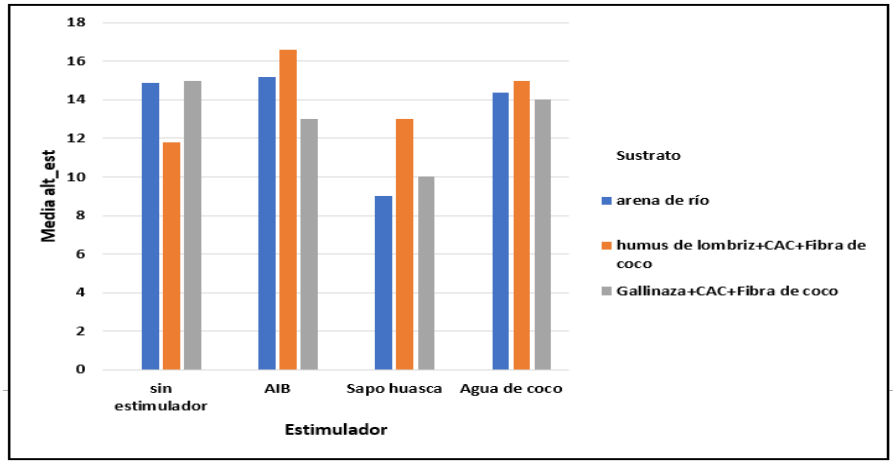
Promedio de altura de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Sustrato	Estimuladores	Especies	
		Guadua angustifolia	Guadua superba
arena de río	Sin estimulador	14.9000	2.4000
	AIB	15.2000	13.2000
	Sapo huasca	9.0000	5.8000
	Agua de coco	14.4000	11.4000
humus de lombriz+CAC+fibra de coco	sin estimulador	11.8000	5.2000
	AIB	16.6000	6.0000
	Sapo huasca	13.0000	1.8000
	Agua de coco	15.0000	13.2000
Gallinaza+CAC+fibra de coco	sin estimulador	15.0000	2.2000
	AIB	13.0000	8.4000
	Sapo huasca	10.0000	11.2000
	Agua de coco	14.0000	10.0000
arena de río= 10.79 humus de lombriz+CAC+fibra de coco= 10.33 Gallinaza+CAC+fibra de coco= 10.48 Sin estimulador= 8.58 AIB= 12.07 Sapo huasca= 8.47 Agua de coco= 13 Guadua angustifolia= 13.49 Guadua superba= 7.57			

El análisis de las medias de altura de estaca (Tabla 30), muestra que Guadua angustifolia alcanzó un mayor crecimiento promedio (13,49 cm) en comparación con Guadua superba (7,57 cm), lo que evidencia diferencias marcadas entre especies. En cuanto a los sustratos, no se registraron diferencias notables, ya que los valores promedios fueron similares: arena de río (10,79 cm), gallinaza + CAC + fibra de coco (10,48 cm) y humus de lombriz + CAC + fibra de coco (10,33 cm). Sin embargo, sí se observaron variaciones en función de los estimuladores de enraizamiento: agua de coco (13,00 cm) y AIB (12,07 cm) favorecieron un mayor desarrollo en altura, mientras que el uso de sapo huasca (8,47 cm) y la ausencia de estimulador (8,58 cm) mostraron valores inferiores.

Figura 9

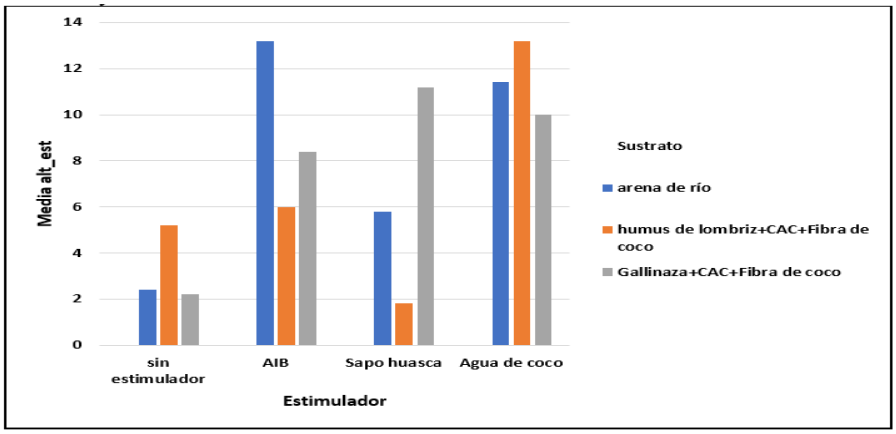
Altura promedio de estaca de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la figura 9, se observa el comportamiento de la altura de estaca de *Guadua angustifolia* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores se registraron en los tratamientos con AIB y agua de coco, mientras que el tratamiento con sapo huasca presentó los menores valores de crecimiento.

Figura 10

Altura promedio de estaca de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la figura 10, se observa el comportamiento de la altura de estaca de *Guadua superba* bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores se registraron en los tratamientos con agua de coco y AIB, mientras que los tratamientos sin estimulador y con sapo huasca presentaron menores valores de crecimiento.

Tabla 31

Análisis de varianza de la altura de estaca de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	4,454	2	2,227	0,065	0,937
Estimulador	495,273	3	165,091	4,851	0,003
Especie	1053,169	1	1053,169	30,943	0,000
Sustrato * Estimulador	156,196	6	26,033	0,765	0,599
Sustrato * Especie	39,687	2	19,844	0,583	0,560
Estimulador * Especie	251,106	3	83,702	2,459	0,067
Sustrato * Estimulador * Especie	322,363	6	53,727	1,579	0,162
Error	3267,400	96	34,035		
Total	5589,648	119			

No hay interacción factorial
No hay diferencias significativas entre sustratos
Si hay diferencias significativas entre estimuladores (prueba tukey)
Si hay diferencias significativas entre especies (comparación de medias)

El análisis de varianza (Tabla 31), determinó que no existen diferencias significativas entre sustratos ($p = 0,937$) ni interacción entre los factores. No obstante, se evidenciaron diferencias altamente significativas entre especies ($p < 0,001$) y entre estimuladores ($p = 0,003$), confirmando que tanto la especie utilizada como el tipo de bioestimulador ejercen un efecto directo sobre la altura de la estaca.

Tabla 32

Prueba tukey para altura de estaca de dos especies de bambú

Estimulador	Media	Grupos homogéneos	
Sapo huasca	8,4667	A	
sin estimulador	8,5833	A	
AIB	12,0667	A	B
Agua de coco	13.000		B

La prueba de Tukey (Tabla 32), agrupó a los tratamientos en tres categorías: los valores más bajos correspondieron a sapo huasca y sin estimulador (grupo A), en un nivel intermedio AIB (grupo A-B) y, en el grupo superior, agua de coco (grupo B), lo que indica que este último fue el tratamiento más efectivo en la variable evaluada.

El crecimiento en altura de las estacas evaluadas estuvo determinado principalmente por la especie y por el tipo de estimulador aplicado, mientras que el sustrato no influyó significativamente en esta variable. Este comportamiento sugiere que la elongación inicial de los brotes en bambú depende en mayor medida de los procesos fisiológicos internos de la planta y de la acción de reguladores de crecimiento que de las características físicas del medio de propagación.

La mayor altura registrada en los tratamientos con agua de coco puede atribuirse a la presencia de fitohormonas naturales, especialmente citoquininas y auxinas, que estimulan la división y elongación celular. Yong et al. (2009) señalan que el agua de coco contiene compuestos orgánicos y reguladores de crecimiento capaces de promover el desarrollo vegetativo en tejidos jóvenes, favoreciendo la expansión de tallos y hojas durante las primeras etapas de crecimiento.

De manera similar, el uso de ácido indolbutírico (AIB) también favoreció el incremento en la altura de las estacas. Hartmann et al. (2014) indican que las auxinas sintéticas, además de estimular la formación de raíces adventicias, pueden inducir procesos de diferenciación celular que contribuyen al crecimiento de los tejidos vegetativos en estacas propagadas vegetativamente.

En contraste, el tratamiento con sapo huasca mostró una respuesta limitada en la elongación de las estacas. Esto podría explicarse por la baja concentración de compuestos hormonales activos presentes en este bioestimulante, o por la posible presencia de metabolitos secundarios que no favorecen el crecimiento inicial. Hernández et al. (2018) mencionan que algunos extractos vegetales utilizados como bioestimulantes pueden presentar efectos variables dependiendo de su composición química y de la capacidad de absorción por parte de los tejidos vegetales.

Asimismo, la mayor altura observada en *Guadua angustifolia* en comparación con *Guadua superba* refleja diferencias fisiológicas entre ambas

especies. Camargo et al. (2015) señalan que *Guadua angustifolia* presenta un mayor vigor inicial en propagación vegetativa, debido a su capacidad para movilizar reservas de carbohidratos almacenadas en los nudos, lo que favorece el desarrollo temprano de brotes y estructuras aéreas.

En conjunto, estos resultados sugieren que la altura de las estacas en bambú está principalmente asociada al equilibrio hormonal que regula la elongación celular y al vigor fisiológico propio de cada especie, más que a las características del sustrato utilizado.

- **Longitud de la planta**

Tabla 33

Promedio de longitud de la planta (cm) de dos especies de bambú utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento

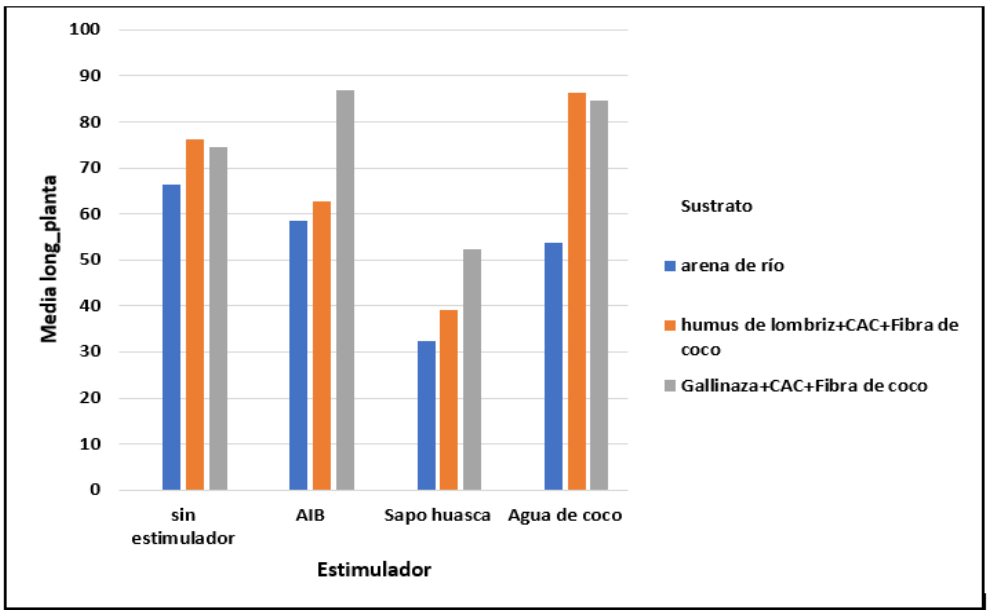
Sustrato	Estimuladores	Especies	
		Guadua angustifolia	Guadua superba
Arena de río	sin estimulador	66.4000	7.4000
	AIB	58.4000	41.2000
	Sapo huasca	32.4000	15.0000
	Agua de coco	53.6000	26.8000
humus de lombriz+CAC+fibra de coco	sin estimulador	76.2000	15.0000
	AIB	62.8000	19.8000
	Sapo huasca	39.2000	11.6000
	Agua de coco	86.2000	27.3000
	Total	66.1000	18.4250
Gallinaza+CAC+fibra de coco	sin estimulador	74.4000	10.4000
	AIB	87.0000	37.8000
	Sapo huasca	52.2000	29.4000
	Agua de coco	84.6000	29.4000
Arena de rio= 37.65			
Humus de lombriz + CAC + fibra de coco= 42.26			
Gallinaza + CAC + fibra de coco= 50.65			
Sin estimulador=41.63			
AIB= 51.17			
Sapo huasca= 29.97			
Agua de coco= 51.32			
Guadua angustifolia= 64.45			
Guadua superba= 22.59			

En la Tabla 33, se observa que la longitud promedio de las plantas de bambú varía en función del sustrato, el estimulador de enraizamiento y la especie evaluada. La especie *Guadua angustifolia* presentó la mayor longitud (64,45 cm),

en contraste con Guadua superba (22,59 cm), lo cual indica diferencias marcadas en el crecimiento inicial entre ambas especies. Entre los estimuladores, se evidenció que la aplicación de agua de coco (51,32 cm) y AIB (51,17 cm) favorecieron el mayor desarrollo en longitud, mientras que el sapo huasca (29,97 cm) registró los valores más bajos. En cuanto a los sustratos, el mejor comportamiento se obtuvo con gallinaza + CAC + fibra de coco (50,65 cm), en comparación con arena de río (37,65 cm) y humus de lombriz + CAC + fibra de coco (42,26 cm).

Figura 11

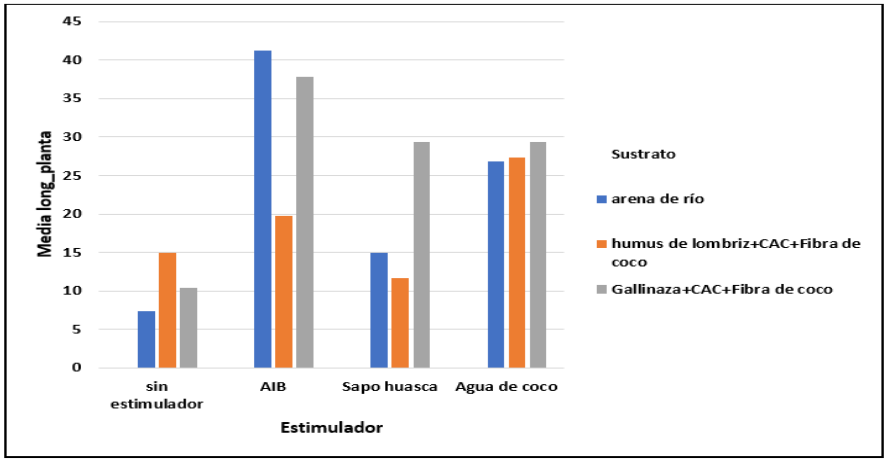
Longitud promedio de la planta de Guadua angustifolia bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento.



En la figura 11, se observa el comportamiento de la longitud de las plantas de Guadua angustifolia bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores de crecimiento se registraron en los tratamientos con agua de coco y AIB, especialmente en los sustratos con gallinaza + CAC + fibra de coco y humus de lombriz + CAC + fibra de coco, mientras que el tratamiento con sapo huasca presentó los valores más bajos.

Figura 12

Longitud promedio de la planta de Guadua superba bajo diferentes sustratos y estimuladores de enraizamiento



En la figura 12, se observa el comportamiento de la longitud de las plantas de Guadua superba bajo diferentes combinaciones de sustratos y estimuladores de enraizamiento. Los mayores valores de crecimiento se registraron en los tratamientos con AIB y agua de coco, especialmente en los sustratos con arena de río y gallinaza + CAC + fibra de coco, mientras que los menores valores se observaron en el tratamiento sin estimulador.

Tabla 34

Análisis de varianza de la longitud de la planta de dos especies de bambu utilizando tres sustratos y cuatro estimuladores de enraizamiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	p-valor
Sustrato	3475,004	2	1737,502	2,174	0,119
Estimulador	9195,356	3	3065,119	3,836	0,012
Especie	52563,602	1	52563,602	65,778	0,000
Sustrato * Estimulador	2795,213	6	465,869	0,583	0,743
Sustrato * Especie	2073,954	2	1036,977	1,298	0,278
Estimulador * Especie	6059,440	3	2019,813	2,528	0,062
Sustrato * Estimulador * Especie	1069,929	6	178,322	0,223	0,968
Error	76714,200	96	799,106		
Total corregido	153946,698	119			

No existe interacción factorial
No existe diferencias significativas entre sustratos
Existe diferencias significativas entre estimuladores
Existe diferencias significativas entre especies

El análisis de varianza (Tabla 34), evidenció que no existieron diferencias significativas entre sustratos (p = 0,119) ni interacción factorial entre los factores

analizados. Sin embargo, sí se encontraron diferencias altamente significativas entre especies ($p < 0,001$) y diferencias significativas entre estimuladores ($p = 0,012$). Esto confirma que la respuesta en la longitud de la planta depende principalmente de la especie y del estimulador empleado, más que del tipo de sustrato.

Tabla 35

Prueba de Tukey para la longitud de la planta de dos especies de bambu

Estimulador	Media	Grupos homogéneos	
Sapo huasca	29,9667	A	
sin estimulador	41,6333	A	B
AIB	51,1667		B
Agua de coco	51,3167		B

Letras iguales no son diferentes

La prueba de Tukey (Tabla 35), indicó que el agua de coco y el AIB formaron el grupo con mejores respuestas, seguidos por el tratamiento sin estimulador y finalmente el sapo huasca.

El crecimiento en longitud de las plántulas estuvo influenciado principalmente por la especie y por el tipo de estimulador aplicado, mientras que el sustrato no presentó un efecto significativo sobre esta variable. Este comportamiento sugiere que la elongación inicial de los brotes en bambú está más relacionada con la regulación hormonal del crecimiento y con el vigor fisiológico propio de cada especie que con las características físicas del medio de propagación.

El efecto favorable del agua de coco y del ácido indolbutírico (AIB) en la elongación de las plantas puede explicarse por su contenido de reguladores de crecimiento que estimulan la división y elongación celular. Hartmann y Kester (2011) señalan que las auxinas sintéticas, como el AIB, promueven procesos de diferenciación celular que favorecen el crecimiento vegetativo en estacas propagadas vegetativamente. De manera similar, Yusnita et al. (2017) destacan que el agua de coco contiene citoquininas, auxinas naturales y compuestos

orgánicos que pueden estimular el desarrollo de brotes y la elongación de tejidos jóvenes en especies forestales.

Por otro lado, el menor desempeño observado con el extracto de sapo huasca podría estar relacionado con la baja concentración de fitohormonas promotoras del crecimiento en este bioestimulante, lo que limita su capacidad para estimular procesos de elongación vegetal. Diversos estudios han señalado que los extractos vegetales utilizados como bioestimulantes pueden presentar respuestas variables dependiendo de su composición química y de la capacidad de absorción por parte de los tejidos vegetales.

La diferencia significativa observada entre especies coincide con lo reportado por Camargo et al. (2010), quienes señalan que *Guadua angustifolia* presenta mayor vigor inicial y mayor capacidad de crecimiento en comparación con otras especies de bambú, debido a su mayor acumulación de reservas fisiológicas en los nudos y a su mayor capacidad de regeneración vegetativa. Este mayor vigor permite un crecimiento más rápido durante las primeras etapas de desarrollo.

En conjunto, los resultados obtenidos indican que la longitud de la planta en bambú está determinada principalmente por la respuesta fisiológica de la especie y por el uso de estimuladores de crecimiento adecuados, siendo el agua de coco y el AIB los tratamientos más efectivos para promover el crecimiento inicial de las plántulas.

4.2. Efecto de estimuladores de enraizamiento en la sobrevivencia de plántulas de bambú (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*) obtenidas a partir de esquejes, en Pucallpa

- **Supervivencia**

Tabla 36

Supervivencia y mortandad de las especies Guadua angustifolia y guadua superba con los diferentes tratamientos

Sustratos	Estimuladores	Especie	Sobrevivencia (%)	Mortandad (%)
Arena de río	sin estimulador	guadua angustifolia	27.78	72.22
	AIB	guadua angustifolia	40.00	60.00
	sapo huasca	guadua angustifolia	16.67	83.33
	agua de coco	guadua angustifolia	27.78	72.22
	sin estimulador	guadua superba	5.56	94.44
	AIB	guadua superba	27.78	72.22
	sapo huasca	guadua superba	11.11	88.89
	agua de coco	guadua superba	22.22	77.78
Humus de lombris+CAC+Fibra de coco	sin estimulador	guadua angustifolia	33.33	66.67
	AIB	guadua angustifolia	27.78	72.22
	sapo huasca	guadua angustifolia	38.89	61.11
	agua de coco	guadua angustifolia	33.33	66.67
	sin estimulador	guadua superba	11.11	88.89
	AIB	guadua superba	11.11	88.89
	sapo huasca	guadua superba	5.56	94.44
	agua de coco	guadua superba	22.22	77.78
Gallinaza +CAC+Fibra de coco	sin estimulador	guadua angustifolia	27.78	72.22
	AIB	guadua angustifolia	22.22	77.78
	sapo huasca	guadua angustifolia	16.67	83.33
	agua de coco	guadua angustifolia	27.78	72.22
	sin estimulador	guadua superba	5.56	94.44
	AIB	guadua superba	16.67	83.33
	sapo huasca	guadua superba	22.22	77.78
	agua de coco	guadua superba	22.22	77.78

El análisis de la supervivencia mostró diferencias notorias entre especies y tratamientos de enraizamiento. En términos generales, la especie *Guadua angustifolia* presentó mayores porcentajes de supervivencia (entre 16,67 % y 40,00 %) en comparación con *Guadua superba*, que en la mayoría de los casos no superó el 27,78 %. Esto confirma la mayor capacidad adaptativa y de enraizamiento de *Guadua angustifolia*, tal como ya se evidenció en las variables morfométricas previas.

En cuanto a los estimuladores de enraizamiento, el AIB y el agua de coco fueron los tratamientos que tendieron a mejorar la supervivencia en ambas especies, alcanzando valores de hasta 40,00 % en *G. angustifolia* (arena de río + AIB). Sin embargo, la supervivencia fue relativamente baja en comparación con otros estudios de propagación vegetativa de bambú, lo que podría estar asociado a las condiciones ambientales de Pucallpa y al estrés inicial de los esquejes tras la siembra.

Por otro lado, el uso de sapo huasca no mostró efectos positivos en la sobrevivencia, registrando los valores más bajos (16,67 % en *Guadua angustifolia* y apenas 5,56 % en *Guadua superba* en algunos tratamientos), lo que indica que este bioestimulador no es recomendable para la propagación de estas especies de bambú. Respecto a los sustratos, no se observaron diferencias marcadas en la supervivencia; sin embargo, el humus de lombriz + CAC + fibra de coco favoreció ligeramente la persistencia de *Guadua angustifolia*, alcanzando hasta 38,89 % con sapo huasca y 33,33 % con agua de coco. En *Guadua superba*, ninguno de los sustratos logró elevar la supervivencia por encima de 27,78 %.

La supervivencia de plántulas de bambú obtenidas a partir de esquejes fue relativamente baja en ambas especies evaluadas (*Guadua angustifolia* y *Guadua superba*), alcanzando un rango de 16,67 % a 40,00 % en la primera especie y de 5,56 % a 27,78 % en la segunda. Estos resultados reflejan la marcada diferencia en la capacidad de propagación vegetativa entre las dos especies, coincidiendo

con lo reportado por Gutiérrez et al. (2015), quienes mencionan que *Guadua angustifolia* presenta mayor plasticidad fisiológica y tolerancia al estrés enraizador que otras especies de bambú.

Rai et al. (2011). En cuanto al efecto de los estimuladores de enraizamiento, el AIB y el agua de coco mostraron los mayores porcentajes de supervivencia, lo cual concuerda con lo señalado por Hartmann y Kester (2011), quienes sostienen que el ácido indolbutírico es una de las auxinas más eficientes en la inducción de raíces adventicias y en la viabilidad de esquejes en especies leñosas. De forma complementaria, el agua de coco contiene citoquininas y otras fitohormonas naturales que pueden favorecer tanto la inducción de raíces como la persistencia de tejidos en condiciones de estrés.

Por el contrario, el uso de sapo huasca no presentó un efecto positivo en la supervivencia, registrando incluso los valores más bajos en ambas especies. Esto sugiere que, aunque la planta es conocida en la etnobotánica amazónica por sus propiedades bioestimulantes, su acción no estaría asociada a la supervivencia de esquejes de bambú en condiciones controladas. Este hallazgo difiere de lo reportado por Rodríguez et al. (2018) en estudios con especies frutales, donde se observó cierto incremento en la capacidad de enraizamiento. La diferencia podría explicarse por la distinta fisiología de las especies y la especificidad en la respuesta a compuestos bioactivos.

Respecto al sustrato, aunque no se encontraron diferencias significativas, el uso de mezclas orgánicas (humus de lombriz + CAC + fibra de coco) tendió a mejorar la supervivencia en *Guadua angustifolia*. Resultados similares han sido obtenidos por Espinoza et al. (2017) en la propagación de *Bambusa vulgaris*, donde los sustratos con mayor contenido de materia orgánica y buena aireación favorecieron la persistencia de las plántulas al reducir el estrés hídrico.

En general, los valores de supervivencia alcanzados en este estudio fueron bajos en comparación con lo reportado por Londoño (2009) en la propagación

vegetativa de *Guadua angustifolia* en viveros de Colombia, donde se lograron porcentajes superiores al 60 %. La diferencia puede deberse a factores ambientales locales (temperatura, humedad relativa y radiación solar en Pucallpa), así como a la calidad fisiológica de los esquejes utilizados.

En síntesis, la supervivencia fue mayor en *Guadua angustifolia* que en *Guadua superba*, y el uso de AIB y agua de coco constituyó la mejor alternativa entre los tratamientos evaluados, aunque los valores aún sugieren la necesidad de optimizar el manejo agronómico y ambiental de las plántulas para incrementar la eficiencia de propagación vegetativa en la Amazonía peruana.

Los resultados obtenidos evidencian que el crecimiento y desarrollo de las plántulas de bambú estuvo influenciado principalmente por la especie y por el tipo de estimulador de enraizamiento, mientras que el sustrato no presentó un efecto significativo en la mayoría de las variables evaluadas. En general, *Guadua angustifolia* mostró mayor vigor inicial que *Guadua superba*, reflejado en mayores valores de longitud de raíces, altura de estaca y longitud de planta, lo cual coincide con lo señalado por Camargo et al. (2010) sobre su mayor capacidad de regeneración vegetativa.

Asimismo, los estimuladores de enraizamiento influyeron en el crecimiento de las plántulas, destacando el AIB y el agua de coco como los tratamientos más favorables. Hartmann y Kester (2011) indican que el AIB estimula la formación de raíces adventicias, mientras que el agua de coco aporta citoquininas y auxinas naturales que favorecen el crecimiento vegetativo (Yusnita et al., 2017). En contraste, el sapo huasca presentó menor efecto en la mayoría de las variables evaluadas. En conjunto, los resultados sugieren que la propagación vegetativa de bambú puede optimizarse mediante el uso de estimuladores adecuados, siendo *Guadua angustifolia* la especie con mejor desempeño bajo las condiciones evaluadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los estimuladores de enraizamiento y la especie influyeron significativamente en el desarrollo morfológico de las plántulas de bambú, mientras que el efecto de los sustratos fue limitado en la mayoría de variables. *Guadua angustifolia* presentó un desempeño superior respecto a *Guadua superba*, evidenciado por una mayor longitud total promedio de raíces (91,25 cm frente a 21,33 cm) y mayor altura promedio de estaca (13,49 cm frente a 7,57 cm), lo que demuestra una mejor capacidad fisiológica para la propagación vegetativa.
- En cuanto a los estimuladores, el AIB y el agua de coco mostraron el mejor desempeño, alcanzando promedios de longitud total de raíces de 70,73 cm y 65,60 cm, respectivamente, mientras que el sapo huasca presentó el menor promedio (31,82 cm). A nivel de tratamientos específicos, destacó la combinación Gallinaza + CAC + Fibra de coco en *Guadua angustifolia*, alcanzando la mayor longitud radicular (167,60 cm) y 11 raíces promedio en dicha combinación de tratamiento, constituyéndose como una de las alternativas más eficientes para el desarrollo inicial de plántulas.
- La supervivencia de las plántulas obtenidas mediante propagación vegetativa presentó diferencias entre especies y tratamientos, confirmando que *Guadua angustifolia* posee mayor capacidad de establecimiento que *Guadua superba*. En G. angustifolia, los porcentajes de supervivencia oscilaron entre 16,67 % y 40,00 %, mientras que en G. superba variaron entre 5,56 % y 27,78 %. Los mayores porcentajes de supervivencia se asociaron al uso de AIB y Agua de coco, evidenciando el efecto favorable de estos estimuladores en el prendimiento y establecimiento de esquejes. Aunque estadísticamente no se evidenciaron diferencias significativas atribuibles al sustrato en la

supervivencia, se observó una tendencia favorable de Arena de rio y Humus de lombriz + CAC + fibra de coco en *Guadua angustifolia* y de Arena de río en *Guadua superba*, dependiendo de la variable evaluada. Las variables evaluadas (número y longitud de raíces, número de brotes, número de hojas, altura de estaca y longitud de planta) evidenciaron diferencias significativas entre especies y estimuladores de enraizamiento, mientras que los sustratos no presentaron diferencias marcadas. En términos prácticos, los resultados indican que la propagación de *Guadua angustifolia* mediante esquejes presenta mayor viabilidad técnica y productiva bajo condiciones de vivero en Pucallpa, mostrando un desempeño superior a la *Guadua superba*.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda emplear la combinación gallinaza + CAC + fibra de coco con Ácido indol butírico (AIB) para la propagación vegetativa de bambú mediante esquejes, debido a que este tratamiento permitió obtener los mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas, especialmente en Guadua angustifolia. En viveros con limitaciones económicas o dificultades de acceso a reguladores sintéticos, el agua de coco puede utilizarse como alternativa natural al AIB, ya que mostró resultados similares en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.
- Se recomienda utilizar estimuladores de enraizamiento como AIB o agua de coco, junto con sustratos orgánicos enriquecidos como humus de lombriz + CAC + fibra de coco o gallinaza + CAC + fibra de coco, debido a que estas combinaciones favorecen el establecimiento inicial de los esquejes y el desarrollo vegetativo de las plántulas de bambú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, N., Farrell, A., & Ramsubhag, A. (2017). The effect of coconut water on the growth and development of tropical plant cuttings. *Journal of Tropical Plant Physiology, 29*(2), 45-53.

Arrieta, L., Gutiérrez, A., & Salazar, C. (2018). Evaluación de sustratos en la propagación de bambúes tropicales. *Revista Forestal Centroamericana*, 63(2), 45-54.

Camargo, J., López, J., & Gutiérrez, F. (2010). Propagación vegetativa de Guadua angustifolia Kunth mediante estacas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 45-56.

Castañeda-Mendoza, A., García, R., & Pérez, L. (2017). Propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris* mediante reguladores de crecimiento. *Agrociencia*, 51(3), 257-267.

Castaño, J., Arango, J., & Giraldo, C. (2011). *Propagación vegetativa de Guadua angustifolia Kunth mediante estacas caulinares*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 5(2), 215-224.

Dwivedi, A., Soni, V., & Sharma, A. (2014). Vegetative propagation of bamboos: A review. *International Journal of Forestry Research*, 2014, 1–10. https://doi.org/10.1155/2014/463192

Espinoza, F., Vásquez, M., & Herrera, J. (2017). Efecto de diferentes sustratos en la propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris* en vivero. *Revista Forestal del Perú*, 42(2), 35–44. https://doi.org/10.21704/rfp.v42i2.1234

Gonzales, J., Quispe, A., & Rojas, M. (2019). Efecto de sustratos orgánicos en la propagación vegetativa de especies leñosas tropicales. *Revista Forestal Peruana, 36*(1), 55-64.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2014). *Plant Propagation: Principles and Practices* (8th ed.). Pearson.

Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (2011). *Plant Propagation: Principles and Practices*. 8th ed. Prentice Hall.

Jiménez, H., Morales, A., & García, R. (2017). Efecto de auxinas en la propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris*. *Revista Forestal Latinoamericana, 32*(2), 55–63.

Liese, W., & Köhl, M. (2015). *Bamboo: The plant and its uses*. Springer.

Londoño, X. (2009). Propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* en viveros de Colombia. *Revista de Ingeniería y Recursos Naturales*, 12(1), 45–53.

Londoño, X. (2018). Propagación vegetativa de bambúes nativos: experiencias en América Latina. *Boletín del Instituto de Investigaciones Amazónicas, 12*(2), 33-41.

López, M., & Pineda, J. (2019). Bioestimuladores naturales en la propagación de *Dendrocalamus asper*. *Agroforestería Neotropical, 8*(1), 23–31.

Montiel, M., & Castillo, A. (2013). Reguladores de crecimiento y su efecto en la propagación de especies forestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 245-256.

Moreno, A., Rodríguez, L., & Pérez, F. (2020). Efecto de bioestimulantes naturales en el enraizamiento de estacas de especies forestales tropicales. *Revista Forestal Latinoamericana*, 35(2), 55-66.

Rai, M. K., Jaiswal, V. S., & Jaiswal, U. (2011). Coconut water mediated somatic embryogenesis and plant regeneration in tropical tree species: Mechanisms and applications. *Plant Cell Reports*, 30(5), 765–777. https://doi.org/10.1007/s00299-010-0975-9

Rodríguez, L., Pérez, D., & Ramírez, C. (2018). Evaluación del efecto de extractos vegetales en el enraizamiento de estacas de especies frutales tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 215–226. https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.

Rodríguez, P., Salazar, D., & Cárdenas, F. (2020). Eficiencia de bioestimuladores naturales y sintéticos en la propagación clonal de especies forestales. *Bosques y Desarrollo, 12*(3), 101–112.

Yeboah, J., Agyeman, V., & Ofori, D. (2009). Coconut water as a growth supplement in forest tree propagation. *Journal of Tropical Agriculture*, 87(1), 33-39.

Yong, J. W. H., Ge, L., Ng, Y. F., & Tan, S. N. (2009). The chemical composition and biological properties of coconut (Cocos nucifera L.) water. *Molecules*, 14(12), 5144–5164.

Yusnita, Y., Rukmana, D., & Ratnawati, R. (2017). Effect of coconut water as natural growth regulator on plant development. *International Journal of Applied Biology*, 1(1), 21-26.

ANEXOS

Anexo 1

Panel fotografico

Camara de sub-irrigacion construido para la ejecucion del proyecto



Preparacion de camaras: lavado de arena (capa base)



Preparacion de càmaras: lavado y desinfeccion de piedras



Desinfeccion de sustratos



Preparacion de sustratos: preparacion de fibra de coco



Preparacion y mezcla de sustratos: humus, gallinaza, fibra de coco y cascarilla de arroz carbonizada

