UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES

TESIS

Comparación del desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Bambusoideae*) en mezclas de sustratos bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Lunazco Gamboa, Raúl

ASESOR:

Dr. Juan Quispe Rodríguez

CO-ASESOR:

Dr. Henry Enderson Cruz Mamani

HUANTA – AYACUCHO

2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis (Bambú) Raul Lunazco.docx

RECUENTO DE PALABRAS **34826 Words**	RECUENTO DE CARACTERES **189922 Characters**
RECUENTO DE PÁGINAS **132 Pages**	TAMAÑO DEL ARCHIVO **18.8MB**
FECHA DE ENTREGA **Oct 9, 2026 7:48 PM GMT-5**	FECHA DEL INFORME **Oct 9, 2026 7:53 PM GMT-5**

18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente



Resumen

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En la ciudad de Huanta, en el Aula A01 de Estudios Generales – 5 esquinas de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 25 dias del mes de setiembre de 2026, siendo las 08:40 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada	**Miembro Titular 1 (Presidente)**
Mtro. William Blas Torres Gutiérrez	**Miembro titular 2**
Dr. Juan Quispe Rodriguez	**Miembro titular 3**
Mtro. Alfredo Ozejo López	**Accesitario**

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 164-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Raúl Lunazco Gamboa,** con la tesis titulada: **"Comparación del desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Bambusoideae*) en mezclas sustratos bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco",** asesorado por el Dr. Juan Quispe Rodríguez y coasesor Dr. Enderson Henry Cruz Mamani para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones: NINGUNA

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	( )
Aprobado Bueno	(X)
Aprobado Muy Bueno	( )
Aprobado Excelente	( )

Con la calificación de Dieciseis (16)
Siendo las 10:00 Hrs. se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Miembro Titular 1 (Presidente)

Mtro. William Blas Torres Gutiérrez
Miembro Titular 2

Dr. Juan Quispe Rodriguez
Miembro Titular 3

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE TRES ESPECIES DE BAMBÚ (*Bambusoideae*) EN MEZCLAS DE SUSTRATOS BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN PICHARI, CUSCO.

TESISTA

Bach. Raul Lunazco Gamboa

ASESOR

Dr. Juan Quispe Rodríguez

CIP N° 21016

CO-ASESOR

Dr. Henry Enderson Cruz Mamani

CIP N° 285419

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por mantener encendido mi paciencia y fe cuando las cosas no salían como uno las imaginaba y por darme resistencia física y emocional para aguantar todas las adversidades.

A mis padres, Venedicto y Antonia porque cuando yo dudaba de mi capacidad, ustedes nunca me dieron la espalda y por el amor incondicional que me dieron y apoyo motivacional constante cotidiana. Gracias por la paciencia y motivación que tuvieron, sus sacrificios, y su fe en mi fue el motor para el desarrollo personal y académico.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, me acompañaron durante este proceso de una u otra manera, incluyeron con palabras de aliento y apoyo para hacer posible la culminación de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios ser una fuerza invisible pero constante en mis días más cansancio lo que me permitirme culminar satisfactoriamente esta investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta y a la Escuela Profesional, por haber sido el pilar de mis mejores años de aprendizaje. Dentro de las aulas y más allá de ellas, por los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

Mi especial reconocimiento a mi asesor de tesis Dr. Juan Quispe Rodríguez y a mi co-asesor Dr. Enderson Henry Cruz Mamani, por su tiempo, su rigor y paciencia inagotable durante el desarrollo de esta investigación, los cuales fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados.

Asimismo, agradezco a las instituciones y personas cuya colaboración fuer fundamental para el desarrollo del trabajo de campo, proporcionando el apoyo técnico, logístico y la información necesaria para la ejecución de la investigación.

Finalmente, expreso mi profunda gratitud a mi familia y a todas las personas que me acompañaron durante este proceso por su apoyo incondicional en la recta final para culminar con éxito esta importante etapa de mi vida profesional.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo comparar el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea* y *Dendrocalamus asper*) cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco. El estudio fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo y nivel explicativo, con un diseño experimental puro; se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 4 (tres especies y cuatro sustratos), conformando doce tratamientos con tres repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales evaluadas durante cuatro meses. La técnica fue la observación directa estructurada y el instrumento una ficha de registro de datos. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial, aplicando análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % ($\alpha = 0,05$). Los resultados determinaron que la especie y el tipo de sustrato influyeron significativamente en el crecimiento. *Dendrocalamus asper* presentó el mejor desempeño, con la emergencia más temprana (17,53 días), mayor emisión de brotes (3,90), mayor altura de planta (39,79 cm), número de hojas (13,89) y longitud de raíz (25,53 cm). El sustrato de tierra agrícola al 50 % + guano de isla al 25 % + cascarilla de arroz al 25 % alcanzó la mayor supervivencia (93,86 %) y el índice morfológico de calidad más elevado (ICD = 0,63), consolidándose como la formulación óptima, mientras que el testigo de tierra agrícola al 100 % resultó insuficiente para obtener material de calidad. Se concluye que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales mejora significativamente el desarrollo de los plantones, por lo que se recomienda su uso en la propagación de bambú en vivero para fortalecer los programas de reforestación y desarrollo agroforestal de la región.

Palabras clave: Bambú, vivero, propagación, *Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea*, *Dendrocalamus asper*.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the vegetative development of three bamboo species (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea, and Dendrocalamus asper*) grown in different substrate mixtures under nursery conditions in Pichari, Cusco. The research was applied in nature, with a quantitative approach and an explanatory level, using a true experimental design. A Completely Randomized Design (CRD) with a 3 × 4 factorial arrangement (three species and four substrates) was employed, resulting in twelve treatments with three replications, for a total of 36 experimental units evaluated over a four-month period. Data were collected through structured direct observation using a data recording sheet. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test at the 5% significance level ($\alpha = 0.05$). The results showed that both bamboo species and substrate type significantly influenced plant growth. Dendrocalamus asper exhibited the best performance, with the earliest shoot emergence (17.53 days), the highest number of shoots (3.90), the greatest plant height (39.79 cm), the highest number of leaves (13.89), and the longest root length (25.53 cm). The substrate composed of 50% agricultural soil, 25% island guano, and 25% rice husk achieved the highest survival rate (93.86%) and the highest Dickson Quality Index (DQI = 0.63), establishing it as the optimal substrate formulation, whereas the control treatment consisting of 100% agricultural soil proved insufficient for producing high-quality planting material. It is concluded that the incorporation of organic and mineral amendments significantly improves seedling development. Therefore, their use is recommended for bamboo propagation in nurseries to strengthen reforestation and agroforestry development programs in the region.

Keywords: Bamboo, nursery, *propagation, Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea, Dendrocalamus asper*.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria ---------- vii

Agradecimiento ---------- viii

RESUMEN ---------- ix

ABSTRACT ---------- x

ÍNDICE DE FIGURAS ---------- xviii

INTRODUCCIÓN ---------- 20

CAPÍTULO I ---------- 22

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ---------- 22

1.1 Descripción de la realidad problematica ---------- 22

1.2 Descripción y Formulación del problema ---------- 23

1.2.1 Problema general ---------- 23

1.2.2 Problemas específicos ---------- 24

1.3 Objetivos ---------- 24

1.3.1 Objetivo general ---------- 24

1.3.2 Objetivos especificos ---------- 24

1.4 Justificacion e importancia ---------- 25

1.4.1 Justificación ---------- 25

1.4.1.1 Justificación Teórica ---------- 25

1.4.1.2 Justificación Práctica ---------- 25

1.4.1.3 Justificación metodológica ---------- 26

1.4.1.4 Justificación Económica ---------- 27

1.4.1.5 Justificación ambiental ---------- 27

1.4.1.6 Justificación social ---------- 28

1.4.2 Importancia ---------- 28

1.5 Hipótesis ---------- 29

1.5.1 Hipótesis general ---------- 29

1.5.2 Hipótesis especificas ---- 29
1.6 Variables ---- 30
1.6.1 Variable independiente: Mezclas de sustrato ---- 30
1.6.2 Variable dependiente: Desarrollo vegetativo del bambú ---- 30
1.7 Operacionalización de variables ---- 31

CAPÍTULO II ---- 32

MARCO TEÓRICO ---- 32

2.1 Antecedentes de la investigación ---- 32
2.1.1 Antecedentes internacionales ---- 32
2.1.2 Antecedentes nacionales ---- 33
2.2 Bases teóricas ---- 36
2.2.1 Definición del bambú ---- 36
2.2.2 Taxonomía de la subfamilia Bambusoideae ---- 36
2.2.3 Características botánicas y morfológicas del bambú ---- 37
2.2.3.1 Sistema radical y rizomas ---- 37
2.2.3.2 Culmo o tallo ---- 37
2.2.3.3 Hojas y ramas ---- 38
2.2.3.4 Brotes y yemas ---- 38
2.2.4 Generalidades del cultivo del bambú ---- 39
2.2.4.1 Ecología del bambú ---- 39
2.2.4.2 Requerimientos agroclimáticos ---- 39
2.2.4.2.1 Temperatura ---- 39
2.2.4.2.2 Precipitación ---- 40
2.2.4.2.3 Humedad relativa ---- 40
2.2.4.2.4 Radiación solar ---- 40
2.2.4.2.5 Altitud ---- 40
2.2.4.2.6 Requerimientos edáficos ---- 40
2.2.5 Importancia de la producción de plántulas en vivero ---- 41
2.2.6 Situación actual del cultivo de bambú en el Perú y la región Cusco ---- 42
2.2.7 Especies de bambú en estudio ---- 42

2.2.7.1 Guadua angustifolia ---- 42
2.2.7.2 Phyllostachys aurea ---- 43
2.2.7.3 Dendrocalamus asper ---- 43
2.2.8 Variables de crecimiento en vivero ---- 44
2.2.8.1 Altura de planta ---- 44
2.2.8.2 Número de brotes ---- 44
2.2.8.3 Número de hojas ---- 44
2.2.8.4 Diámetro del tallo ---- 45
2.2.8.5 Longitud de raíces ---- 45
2.2.9 Sustratos para la producción de plántulas ---- 45
2.2.10 Producción de plantas de bambú en vivero ---- 46
2.2.11 Sistemas de propagación del bambú ---- 46
2.2.11.1 Propagación sexual ---- 46
2.2.11.2 Propagación asexual: ---- 47
2.2.12 Métodos de propagación vegetativa ---- 47
2.2.12.1 Propagación por rizomas ---- 47
2.2.12.2 Propagación por culmos ---- 48
2.2.12.3 Propagación por ramas ---- 48
2.2.12.4 Propagación in vitro ---- 48
2.3 Definicion de terminos ---- 48

CAPÍTULO III ---- 52

METODOLOGÍA ---- 52

3.1 Tipo y nivel de investigación ---- 52
3.1.1 Tipo de investigación ---- 52
3.1.2 Nivel de investigación ---- 52
3.2 Método de investigación ---- 53
3.3 Diseño de investigación ---- 53
3.4 Descripción de tratamientos ---- 53
3.5 Ámbito temporal y espacial ---- 54
3.5.1 Ámbito temporal ---- 54

3.5.2 Ámbito espacial ---- 54
3.6 Población, muestra y muestreo ---- 55
3.6.1 Población ---- 55
3.6.2 Muestra ---- 55
3.6.3 Muestreo ---- 56
3.6.4 Técnica ---- 56
3.6.5 Instrumentos ---- 56
3.6.6 Materiales, equipos e insumos ---- 56
3.7 Procedimientos ---- 57
3.8 Análisis de datos ---- 58
3.8.1 Estadística descriptiva ---- 58
3.8.2 Estadística inferencial ---- 58

CAPÍTULO IV ---- 59

RESULTADOS Y DISCUSIÓN ---- 59

4.1 RESULTADOS ---- 59
4.1.1 Análisis e interpretación de resultados ---- 59
4.1.1.1 Estadística descriptiva para la variable: Días de emergencia ---- 59
4.1.1.2 Estadística descriptiva para la variable número de brotes emitidos ---- 61
4.1.1.3 Estadística descriptiva para la variable días a la aparición de hojas ---- 63
4.1.1.4 Estadística descriptiva para la variable altura de planta ---- 65
4.1.1.5 Estadística descriptiva para la variable número de hojas ---- 67
4.1.1.6 Estadística descriptiva para la variable longitud de raíz ---- 69
4.1.1.7 Estadística descriptiva para la variable porcentaje de supervivencia ---- 71
4.1.1.8 Estadística descriptiva para la variable índice morfológico de calidad (ICD) ---- 72
4.1.2 Estadística inferencial ---- 74
4.1.2.1 Estadística inferencial para días de emergencia ---- 74
4.1.2.1.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la emergencia ---- 74
4.1.2.1.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la emergencia ---- 75
4.1.2.1.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la emergencia ---- 76

4.1.2.2 Estadística inferencial para el número de brotes emitidos ---- 78
4.1.2.2.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para número de brotes emitidos ---- 78
4.1.2.2.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de brotes emitidos ---- 79
4.1.2.2.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de brotes emitidos ---- 80
4.1.2.3 Estadística inferencial para días a la aparición de hojas ---- 82
4.1.2.3.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la aparición de hojas ---- 82
4.1.2.3.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la aparición de hojas ---- 83
4.1.2.3.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la aparición de hojas ---- 84
4.1.2.4 Estadística inferencial para la altura de planta (cm) ---- 86
4.1.2.4.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para altura de planta (cm) ---- 86
4.1.2.4.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para altura de planta (cm) ---- 87
4.1.2.4.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para altura de planta (cm) ---- 88
4.1.2.5 Estadística inferencial para número de hojas ---- 90
4.1.2.5.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para número de hojas ---- 90
4.1.2.5.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de hojas 91
4.1.2.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de hojas ---- 92
4.1.2.6 Estadística inferencial para longitud de raíz (cm) ---- 94
4.1.2.6.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para longitud de raíz (cm) ---- 94
4.1.2.6.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para longitud de raíz (cm) ---- 95
4.1.2.6.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para longitud de raíz (cm) ---- 96
4.1.2.7 Estadistica inferencial para porcentaje de supervivencia (%) ---- 98
4.1.2.7.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para porcentaje de supervivencia (%) ---- 98
4.1.2.7.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para porcentaje de supervivencia (%) ---- 99

4.1.2.7.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para porcentaje de supervivencia (%) ---- *100*

4.1.2.8 Estadistica inferencial para índice morfológico de calidad (ICD) ---- *102*

4.1.2.8.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para índice morfológico de calidad (ICD) ---- *102*

4.1.2.8.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para índice morfológico de calidad (ICD) ---- *103*

4.1.2.8.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para índice morfológico de calidad (icd) ---- *104*

4.2 Discusiones ---- *107*

4.2.1 Días a la emergencia ---- *107*

4.2.2 Número de brotes emitidos ---- *108*

4.2.3 Días a la aparición de hojas ---- *108*

4.2.4 Altura de planta ---- *109*

4.2.5 Número de hojas ---- *110*

4.2.6 Longitud de raíz ---- *111*

4.2.7 Porcentaje de supervivencia ---- *111*

4.2.8 Índice morfológico de calidad (ICD) ---- *112*

CONCLUSIONES ---- **114**

RECOMENDACIONES ---- **115**

REFERENCIAS ---- **116**

ANEXOS ---- **124**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del bambú ---------- 36

Tabla 2 Descripción de los tratamientos DCA conl arreglo factorial 3×4 -------- 53

Tabla 3 Análisis descriptivo para los días de emergencia por tratamiento ------- 59

Tabla 4 Análisis descriptivo para el número de brotes emitidos por tratamiento 61

Tabla 5 Análisis descriptivo para los días de aparición de hojas ---------- 63

Tabla 6 Análisis descriptivo para altura de la planta ---------- 65

Tabla 7 Análisis descriptivo para el número de hojas por tratamiento ---------- 67

Tabla 8 Análisis descriptivo para la longitud de la raíz por tratamiento ---------- 69

Tabla 9 Análisis descriptivo para el porcentaje de supervivencia por tratamiento ---------- 71

Tabla 10 Análisis descriptivo para el índice morfológico de calidad por tratamiento ---------- 72

Tabla 11 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la emergencia - 75

Tabla 12 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la emergencia ---------- 76

Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la emergencia --- 77

Tabla 14 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para días a la emergencia ---------- 77

Tabla 15 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para días a la emergencia ---------- 78

Tabla 16 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para número de brotes emitidos ---------- 79

Tabla 17 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de brotes emitidos ---------- 80

Tabla 18 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de brotes emitidos ---------- 80

Tabla 19 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para número de brotes emitidos ---------- 81

Tabla 20 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para número de brotes emitidos ---------- 81

Tabla 21 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la aparición de hojas ---------- 82

Tabla 22 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la aparición de hojas ---------- 83

Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la aparición de hojas ---------- 84

Tabla 24 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para días a la aparición de hojas ---------- 85

Tabla 25 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para días a la aparición de hojas ---------- 86

Tabla 26 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para altura de planta (cm) - 87

Tabla 27 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para altura de planta (cm)---------- 88

Tabla 28 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para altura de planta (cm)--- 88

Tabla 29 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para altura de planta (cm)---------- 89

Tabla 30 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para altura de planta (cm)---------- 89

Tabla 31 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para número de hojas ------ 91

Tabla 32 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de hojas ---------- 92

Tabla 33 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de hojas -------- 92

Tabla 34 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para número de hojas ---------- 93

Tabla 35 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para número de hojas ---------- 94

Tabla 36 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para longitud de raíz (cm) 95

Tabla 37 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para longitud de raíz (cm)---------- 95

Tabla 38 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para longitud de raíz (cm) -- 96

Tabla 39 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para longitud de raíz (cm)---------- 97

Tabla 40 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para longitud de raíz (cm)---------- 98

Tabla 41 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para porcentaje de supervivencia (%) ---------- 99

Tabla 42 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para porcentaje de supervivencia (%) ----------100

Tabla 43 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para porcentaje de supervivencia (%)----------100

Tabla 44 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para porcentaje de supervivencia (%) ----------101

Tabla 45 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para porcentaje de supervivencia (%) ----------102

Tabla 46 Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para índice morfológico de calidad (icd) ----------103

Tabla 47 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para índice morfológico de calidad (ICD) ----------104

Tabla 48 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para índice morfológico de calidad (icd) ----------105

Tabla 49 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para índice morfológico de calidad (icd)----------106

Tabla 50 Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para índice morfológico de calidad (icd)----------106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del vivero en el distrito de Pichari, La Convención, Cusco---------- 55

Figura 2 Comportamiento estadístico de los días a la emergencia bajo diferentes tratamientos ---------- 60

Figura 3 Comportamiento estadístico del número de brotes emitidos bajo diferentes tratamientos ---------- 62

Figura 4 Comportamiento estadístico de los días a la aparición de hojas bajo diferentes tratamientos ---------- 63

Figura 5 Comportamiento estadístico de la altura de planta bajo diferentes tratamientos ---------- 65

Figura 6 Comportamiento estadístico del número de hojas bajo diferentes tratamientos ---------- 67

Figura 7 Comportamiento estadístico de la longitud de raíz bajo diferentes tratamientos ---------- 70

Figura 8 Comportamiento estadístico del porcentaje de supervivencia bajo diferentes tratamientos ---------- 71

Figura 9 Comportamiento estadístico del índice morfológico de calidad (ICD) bajo diferentes tratamientos ---------- 73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia ----------124

Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables ----------125

Anexo 3 Distribución de tratamientos en vivero (36 unidades experimentales)-126

Anexo 4 *Base de datos de las variables fenológicas, agronómicas y de calidad morfológica de las tres especies de bambú evaluadas bajo diferentes mezclas de sustratos* ----------126

Anexo 9 *Evaluación de la altura de planta en las especies de bambú*----------129

Anexo 10 *Evaluación del sistema radicular de los plantones* ----------129

Anexo 11 *Estado final de los plantones al concluir la investigación* ----------130

Anexo 11 *Estado final de los plantones al concluir la investigación* ----------130

INTRODUCCIÓN

El bambú, gramínea leñosa perteneciente a la subfamilia Bambusoideae, constituye uno de los recursos vegetales de mayor relevancia ecológica, económica y ambiental a escala mundial. Con una cobertura estimada superior a los treinta y cinco millones de hectáreas distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y América, esta planta ha sido reconocida por su extraordinaria velocidad de crecimiento y su capacidad de renovación. En el contexto del cambio climático, diversos estudios han demostrado que las masas de bambú secuestran carbono en su biomasa a tasas comparables, e incluso superiores, a las de numerosas especies arbóreas, además de contribuir a la restauración de ecosistemas degradados mediante la estabilización de suelos y la regulación de los flujos hídricos (Yuen et al., 2017). Estas cualidades han posicionado al bambú como un recurso estratégico dentro de los programas internacionales de reforestación y de los sistemas agroforestales orientados al desarrollo sostenible.

En América Latina, y particularmente en el Perú, el bambú forma parte integral de los ecosistemas amazónicos y andinos, donde coexisten especies nativas e introducidas de elevado valor productivo, entre las que destacan *Guadua angustifolia* Kunth, *Dendrocalamus asper* y *Bambusa vulgaris*. Estas especies presentan un notable potencial forestal en la Amazonía peruana, dado que las condiciones de temperatura, precipitación y humedad favorecen su desarrollo vigoroso, lo que las convierte en alternativas idóneas para la recuperación de suelos degradados, la protección de cuencas hidrográficas y el desarrollo rural (Aguilar, 2022a). No obstante, el aprovechamiento de este potencial depende en gran medida de la disponibilidad de plantones de calidad, cuya obtención constituye aún un desafío técnico en la fase de vivero.

La propagación del bambú a nivel de vivero enfrenta limitaciones asociadas, principalmente, al empleo de sustratos inadecuados, cuyas deficiencias en aireación, retención de humedad o aporte nutricional repercuten negativamente en el desarrollo de las plántulas (Carhuatocto, 2022). Pese a la creciente demanda de plantones para proyectos de reforestación, la información científica sobre el comportamiento de diferentes especies de bambú en mezclas de sustratos resulta

todavía escasa y fragmentaria; si bien algunos trabajos han abordado la propagación de Guadua angustifolia en distintas localidades del país (Révolo & Révolo, 2018), la comparación simultánea del desarrollo de tres especies en diversas combinaciones de sustratos permanece poco explorada. Esta carencia adquiere mayor relevancia en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, Cusco, zona de ceja de selva con marcada vocación agroforestal donde la ausencia de estudios locales limita la elección técnica de sustratos apropiados.

Los sustratos cumplen una función primordial en la producción de plantas, pues constituyen el medio físico que sostiene a la planta y, simultáneamente, el reservorio de agua, aire y nutrientes que requiere para su desarrollo. Un sustrato adecuado debe reunir propiedades físicas equilibradas porosidad, capacidad de aireación, retención de agua y densidad aparente y químicas favorables pH, conductividad eléctrica y disponibilidad de nutrientes que en conjunto definen su aptitud para la propagación (Nath et al., 2018). Diversas investigaciones han demostrado que el tipo de sustrato influye significativamente en variables morfológicas determinantes de la calidad del plantón, tales como la altura de planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, el desarrollo radicular y, en última instancia, el vigor y la supervivencia de las plántulas (Smith et al., 2019).

En atención a lo expuesto, la presente investigación se justifica desde una perspectiva científica, por la necesidad de generar conocimiento riguroso sobre el comportamiento de tres especies de bambú en diferentes mezclas de sustratos; técnica, por aportar criterios prácticos para la selección de medios de propagación; económica, por contribuir a reducir los costos de producción mediante el uso de materiales orgánicos disponibles localmente; ambiental, por respaldar los esfuerzos de captura de carbono y restauración de ecosistemas; y social, por ofrecer a las comunidades rurales de Pichari una alternativa productiva sostenible generadora de ingresos y empleo. En consecuencia, este estudio busca generar información científica que permita identificar la mezcla de sustratos más adecuada para optimizar el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco, contribuyendo así al desarrollo agroforestal de la región.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad problemática

El bambú, gramínea leñosa de la subfamilia *Bambusoideae,* se ha consolidado como uno de los recursos forestales no maderables de mayor proyección mundial por su acelerado crecimiento, su diversidad de aplicaciones y su contribución a la sostenibilidad ambiental. Esta planta destaca por su aptitud para capturar carbono, estabilizar suelos y recuperar áreas degradadas, lo que ha impulsado su integración en iniciativas de reforestación y en sistemas agroforestales. No obstante, la obtención de planta de calidad para una producción a escala comercial constituye un factor crítico, debido a que los métodos convencionales de propagación han sido poco estudiados, lo que limita su multiplicación (Lárraga et al., 2011).

En el Perú, particularmente en la Amazonía y la ceja de selva, el bambú representa una alternativa productiva promisoria gracias a la favorable combinación de temperatura, humedad y precipitación de estas zonas. Especies como *Guadua angustifolia* Kunth, *Phyllostachys aurea Carrière ex Rivière* & *C. Rivière* y *Dendrocalamus asper (Schult.) Backer* poseen un notable potencial para la diversificación productiva y el desarrollo de cadenas de valor vinculadas a la construcción, la artesanía y la bioenergía. Sin embargo, su aprovechamiento se ve condicionado por la floración esporádica que caracteriza a muchas especies, la cual dificulta la reproducción sexual y obliga a depender de la propagación vegetativa como vía principal de multiplicación (Trillo, 2014).

El éxito de la propagación vegetativa está estrechamente ligado al sustrato empleado, pues este sostiene a la planta y, a la vez, regula la disponibilidad de agua, aire y nutrientes necesarios para el enraizamiento y el desarrollo inicial de los brotes. La evidencia disponible demuestra que la composición del medio influye de manera decisiva en variables determinantes de la calidad del plantón. Aguilar (2022a) reportó que la incorporación de aserrín descompuesto favoreció significativamente la altura y la cantidad de hojas de los brotes de *Dendrocalamus*

asper, mientras que Carhuatocto (2022) determinó que la mezcla de tierra agrícola con humus de lombriz produjo el mayor crecimiento en la propagación de chusquines de Guadua angustifolia. Estos hallazgos confirman que la selección técnica del sustrato constituye un factor decisivo para la obtención de plantas vigorosas y con altas tasas de prendimiento.

A esta problemática se añade la escasa base científica local. Aunque existen antecedentes sobre la propagación de especies del género Guadua, la información acerca del comportamiento comparativo de distintas especies de bambú bajo condiciones controladas de vivero permanece fragmentaria y resulta prácticamente inexistente para el contexto andino amazónico de Pichari. Trillo (2014) advierte que en la selva central peruana se desconoce el método adecuado de propagación y no se cuenta con material vegetativo disponible, situación que figura entre las principales limitaciones para la multiplicación del bambú. La ausencia de estudios que evalúen de forma simultánea y sistemática el desarrollo de *Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea* y *Dendrocalamus asper* en diversas mezclas de sustrato impide formular recomendaciones técnicas sustentadas, lo que afecta la eficiencia de los viveros, la economía de los productores y la viabilidad de proyectos agroforestales en la región. En este contexto, resulta necesario generar información científica, local y reproducible que permita determinar la mezcla de sustrato con mejor desempeño en el desarrollo vegetativo de las tres especies de bambú. Frente a ello se plantean las siguientes interrogantes.

1.2 Descripción y Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el desarrollo fenológico de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?
- ¿Cómo se comportan las variables agronómicas de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?
- ¿Cuál es el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo y la calidad de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.

1.3.2 Objetivos especificos

- Determinar el desarrollo fenológico de las tres especies (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) de bambú cultivadas en diferentes mezclas de sustrato.
- Evaluar las variables agronómicas de las tres especies de bambú cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.
- Evaluar el efecto y calidad de las diferentes mezclas de sustrato en las tres especies de bambú cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

1.4.1.1 Justificación Teórica

El estudio se justifica teóricamente porque procura enriquecer el conocimiento existente acerca del modo en que se desarrollan vegetativamente las especies agrupadas en la subfamilia Bambusoideae durante su etapa de vivero. Variables como la altura alcanzada, el grosor del tallo, la cantidad de hojas, el largo de las raíces y la biomasa acumulada resultan decisivas, pues del vigor con que inicia el plantón depende, en buena medida, su prosperidad una vez trasladado al terreno definitivo. A ello se suma el examen del papel que cumplen los sustratos, cuyo aporte permite comprender mejor el modo en que se relacionan la carga genética de cada especie y las condiciones del medio donde crece, ya que es ese medio el que regula el acceso de la planta al agua, al oxígeno y a los nutrientes durante sus primeras semanas de vida.

Bajo esa premisa, los hallazgos contribuirán a ampliar la escasa información disponible sobre la reproducción y el manejo del bambú, asunto poco explorado dentro de la realidad amazónica del país. Al respecto, (Hernández & Mendoza, 2019) advierten que una investigación adquiere relevancia teórica cuando lo que descubre cubre un vacío del conocimiento o expande las explicaciones existentes. En consecuencia, producir saberes situados en la realidad de Pichari, Cusco, robustecerá la producción científica regional y nacional, y sentará bases extrapolables a territorios que compartan rasgos agroecológicos similares.

1.4.1.2 Justificación Práctica

En su vertiente práctica, la investigación cobra sentido porque sus resultados permitirán reconocer cuál combinación de sustrato favorece más el cultivo de plantones de las tres especies de bambú dentro del vivero. Determinarlo resulta provechoso para quienes laboran en viveros y para los

técnicos del rubro forestal, pues con frecuencia no disponen de datos comprobados en condiciones experimentales sobre qué mezcla de materiales potencia el desarrollo de cada especie, de modo que podrán resolver con mayor criterio y eficiencia las labores de propagación a su cargo.

Como consecuencia, el estudio ayudará a obtener plantones más vigorosos y con mejores tasas de prendimiento, y aportará información aprovechable por productores, instituciones y proyectos de reforestación. Su importancia se aprecia al considerar que la FAO ubica al bambú entre los vegetales de crecimiento más acelerado y le atribuye una aptitud excepcional para sostener a las comunidades, capturar carbono y recuperar suelos (FAO, 2020), lo que lo convierte en un recurso clave para un desarrollo sostenible y un aprovechamiento forestal responsable.

1.4.1.3 Justificación metodológica

El sustento metodológico de este trabajo radica en que se valdrá de un diseño experimental pertinente y debidamente controlado para contrastar el desarrollo vegetativo de las tres especies de bambú frente a distintas combinaciones de sustrato. Recurrir a la distribución aleatoria de los tratamientos, al manejo cuidadoso de las variables y a la repetición de las unidades de ensayo asegura que los resultados sean internamente válidos y habilita el establecimiento de vínculos entre causa y efecto, ofreciendo de por sí un esquema reproducible para futuras indagaciones sobre la multiplicación de especies forestales.

En esta línea, (Hernández & Mendoza, 2019) sostienen que un estudio resulta metodológicamente útil cuando brinda procedimientos e instrumentos susceptibles de emplearse en otras investigaciones. Por consiguiente, las rutinas de medición del crecimiento vegetativo y de gestión de sustratos que se pongan a prueba permitirán contar con herramientas uniformes y comprobables, lo que facilitará comparar trabajos venideros y afianzar protocolos homogéneos para el estudio científico del bambú en el entorno del vivero.

1.4.1.4 Justificación Económica

En el terreno económico, la investigación se sostiene en el notable valor comercial que el bambú ostenta a escala global. Producir plantones de manera eficiente, una vez reconocida la combinación de sustrato más conveniente, abre la posibilidad de aminorar los costos de instalación de una plantación, pues reduce las pérdidas por mortalidad de ejemplares y abrevia el lapso necesario para conseguir material vegetal de buena calidad, ventaja especialmente apreciable para los productores de menor escala del ámbito rural.

El peso económico de esta especie se refleja en los datos de los organismos del sector: la FAO calcula que el rubro mundial del bambú y el ratán bordea los 60 000 millones de dólares, lo que abre oportunidades de ingreso considerables para productores y empresas (FAO, 2020;) Por esta vía, impulsar técnicas de propagación eficaces consolida las cadenas de valor del bambú y origina nuevas alternativas económicas para la región amazónica del Perú.

1.4.1.5 Justificación ambiental

El respaldo ambiental de esta investigación descansa en que el cultivo de bambú colabora con el resguardo de los recursos naturales y con la rehabilitación de terrenos deteriorados. Por su condición de planta de crecimiento veloz, su robusto entramado de raíces ayuda a fijar el suelo, frena la erosión y entrega valiosos servicios ecosistémicos (Nath et al., 2015), aspecto que cobra fuerza en la Amazonía peruana, donde subsisten zonas afectadas por la tala.

Entre sus cualidades sobresale su marcada aptitud para fijar carbono; la bibliografía científica registra tasas de captura que oscilan entre 6 y 13 Mg ha^{-1} al año, gracias a la rápida acumulación de biomasa que la caracteriza (Nath et al., 2018) En coherencia con ello, la FAO reconoce que el bambú es un recurso renovable de gran valor ecológico, con capacidad de aportar a la

captura de carbono y a la contención del cambio climático (FAO, 2020), lo que sitúa este estudio dentro de los esfuerzos mundiales de conservación.

1.4.1.6 Justificación social

En su dimensión social, la investigación cobra sentido porque sus resultados favorecerán a viveristas, agricultores y poblaciones rurales de Pichari y sus alrededores. Disponer de información técnica comprobada les permitirá acceder a opciones productivas más eficientes y sostenibles, reforzar sus capacidades y dinamizar actividades económicas ligadas al uso de este recurso.

Diversas investigaciones advierten que el bambú representa una fuente apreciable de ingresos y progreso para las comunidades del campo, pues contribuye a mejorar sus condiciones de vida (Yuen et al., 2017). Por tal motivo, lo que se obtenga será de provecho para los programas de desarrollo rural y reforestación que promuevan las instituciones públicas y las organizaciones, ya que orientará sus acciones de forma más certera hacia el bienestar de la población.

1.4.2 Importancia

La relevancia de este estudio radica, en primer término, en que aborda un vacío concreto del conocimiento forestal en el contexto amazónico peruano. Pese a que el bambú es reconocido mundialmente como uno de los recursos vegetales de mayor versatilidad y rápido crecimiento, la información técnica y validada experimentalmente sobre su propagación en vivero y, en particular, sobre la respuesta de distintas especies a diferentes mezclas de sustratos resulta escasa y dispersa en la realidad nacional. Determinar de manera rigurosa qué combinación de sustrato favorece el desarrollo vegetativo de cada una de las tres especies estudiadas aporta un fundamento técnico del que hoy carecen viveristas y productores, quienes con frecuencia operan sobre la base de la experiencia empírica antes que de evidencia científica controlada. En este sentido, la investigación no se limita a describir un fenómeno, sino que genera criterios reproducibles capaces de orientar

decisiones productivas y de sentar precedentes metodológicos para futuros trabajos en condiciones agroecológicas similares.

En segundo lugar, la importancia del estudio se proyecta sobre las dimensiones económica y social del territorio. Una propagación más eficiente de plantones de calidad reduce los costos de establecimiento de plantaciones, disminuye las pérdidas por mortalidad y abrevia los tiempos de producción, factores especialmente significativos para los pequeños productores rurales de Pichari y zonas aledañas, para quienes la viabilidad económica de sus emprendimientos depende en gran medida de la optimización de estos procesos. Al fortalecer las cadenas de valor en torno a un recurso de comprobado potencial comercial, el estudio contribuye a diversificar las alternativas productivas, a generar oportunidades de ingreso y empleo, y a consolidar modelos de desarrollo arraigados en las comunidades. De este modo, el conocimiento producido trasciende el ámbito estrictamente académico y se convierte en un insumo útil para programas de desarrollo rural, iniciativas de cooperación y proyectos de reforestación que requieran abastecerse de material vegetal confiable (Trillo, 2014).

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Las diferentes mezclas de sustrato influyen significativamente en el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.

1.5.2 Hipótesis especificas

- Las diferentes mezclas de sustrato influyen significativamente en el desarrollo fenológico de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero.

- Las diferentes mezclas de sustrato generan diferencias significativas en las variables agronómicas de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.
- Las diferentes mezclas de sustrato presentan efectos significativos y diferentes niveles de calidad sobre el crecimiento y desarrollo de las tres especies de bambú (Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.

1.6 Variables

1.6.1 **Variable independiente:** Mezclas de sustrato

Dimensión:

- Proporción de componentes

1.6.2 **Variable dependiente:** Desarrollo vegetativo del bambú

Dimensión: Desarrollo fenológico

Indicadores:

- Días de emergencia
- Número de brotes emitidos
- Días de aparición de hoja

Dimensión: Comportamiento agronómico

Indicadores:

- Altura de planta (cm)
- Número de hojas
- Longitud de raíz

Dimensión: Calidad

Indicadores:

- Porcentaje de supervivencia
- Índice morfológico de calidad (icd)

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento	Técnica
Variable independiente: Especies de bambú	Las especies de bambú son plantas pertenecientes a la subfamilia Bambusoideae de la familia Poaceae, que presentan diversidad taxonómica y diferencias morfológicas, ecológicas y de crecimiento entre especies (Clark, 2023).	Se evaluarán tres especies de bambú cultivadas bajo condiciones de vivero.	Especie	– Especie 1: Guadua – Especie 2: Dendroclanus – especie 3: Phyllostachys	Cualitativa nominal	Ficha de registro	Observación
Variable independiente: Mezclas de sustratos	Las mezclas de sustratos son combinaciones de materiales orgánicos, minerales o suelo en proporciones determinadas que constituyen el medio de crecimiento de las plantas en vivero y cuyas propiedades pueden influir en su crecimiento y fisiología (Yang et al., 2025).	Se establecerán diferentes proporciones de los componentes del sustrato según los tratamientos experimentales.	Composición del sustrato	Proporción de cada componente: – Tierra agricola – Compost – Guano de isla – Cascarrila de arroz	%	Ficha de preparación de sustratos	Medición
Variable dependiente: Desarrollo vegetativo	El desarrollo vegetativo comprende el crecimiento y formación de las estructuras vegetativas de la planta, expresado mediante características morfológicas como altura, diámetro del tallo, desarrollo foliar y biomasa (Clark, 2023).	Se determinará mediante mediciones periódicas de características morfológicas de las plantas de bambú.	Desarrollo fenológico	– Días de emergencia – Número de brotes emitidos – Días de aparición de hoja	cm unidades dias	Ficha de evaluación	Medición directa Conteo directo
			Comportamiento agronómico	– Altura de planta (cm – Número de hojas – Longitud de raíz	cm unidades cm	Regla graduada/cinta métrica	Medición directa Conteo directo
			Calidad	– Porcentaje de supervivencia – Índice morfológico de calidad	% (icd)	Ficha de evaluación	Medición directa

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Lárraga et al., (2011) llevaron a cabo en México el estudio titulado *"Propagación vegetativa de tres especies de bambú"*, publicado en la revista científica *Ra Ximhai*, partiendo del problema de que los métodos convencionales de multiplicación del bambú han recibido poca atención investigativa, lo que restringe la obtención de planta de calidad para una producción a escala comercial. El objetivo consistió en evaluar la influencia conjunta de tres factores, el método de propagación (chusquín, vareta y segmento nodal), la especie (*Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii* y *Bambusa vulgaris*) y el sustrato sobre un amplio conjunto de variables morfológicas medidas en el primer hijuelo, entre ellas la supervivencia, el número de hijuelos, el número y la longitud de raíces, el número de hojas, la altura y el diámetro del tallo. Para ello establecieron los tratamientos en macetas de polietileno negro bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, registrando las variables al concluir el ensayo a los ciento treinta y seis días después del trasplante. Los resultados evidenciaron que el método por chusquín superó a los de vareta y segmento nodal en todas las variables analizadas, ya que estos últimos ofrecieron menor supervivencia y un número reducido de hijuelos. Asimismo, determinaron que *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* se comportaron como las especies más aptas para la propagación, en comparación con *Bambusa oldhamii*, independientemente del tipo de sustrato empleado.

Alvarado et al., (2021) desarrollaron en la zona El Vainillo, provincia del Guayas, Ecuador, la investigación denominada "Efecto comparativo de tres sustratos en la propagación y crecimiento de dos especies de caña del género *Guadua*", motivados por el hecho de que las cañas, pese a ser gramíneas de gran tamaño y amplio uso, rara vez se integran en sistemas tecnificados de producción. El propósito del trabajo fue analizar el comportamiento de *Guadua angustifolia* y *Guadua amplexifolia*, propagadas mediante brotes basales, frente a tres sustratos

diferenciados: tierra más arena de río, vermicompost más arena de río y cascarilla de café más arena de río, todos ellos en proporción uno a uno. La evaluación abarcó la dinámica de aparición de brotes basales desde la siembra hasta la octava semana, así como la longitud de los brotes y la acumulación de materia seca. Los resultados mostraron que los mejores porcentajes de propagación se obtuvieron con vermicompost, alcanzando *G. amplexifolia* un 78 % frente al 70% de *G. angustifolia*. En los sustratos con arena y vermicompost no se hallaron diferencias significativas en la longitud de los brotes de *G. amplexifolia*, aunque sí respecto al uso de cascarilla de café; por su parte, *G. angustifolia* presentó mayor crecimiento en vermicompost, diferencia que se hizo evidente recién hacia la octava semana. En todos los sustratos, *G. amplexifolia* acumuló mayor cantidad de materia seca que *G. angustifolia*.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Ardiles (2019),realizó en el fundo Santa Lucía, sector Materiato, distrito de Echarati, provincia de La Convención, Cusco, la investigación titulada "Evaluación de diferentes sustratos en la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) en Kepashiato – Echarati – La Convención – Cusco", ejecutada entre octubre de 2017 y enero de 2018. Los objetivos planteados fueron evaluar el mejor sustrato y determinar el método de propagación vegetativa más adecuado para el cultivo del bambú. El experimento se condujo bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial de seis tipos de sustrato y dos tipos de esqueje, con tres repeticiones, empleando la prueba de Duncan al 5% para la comparación de medias; las variables evaluadas fueron la altura y el diámetro del brote, el número de entrenudos, el número de plantas prendidas y el porcentaje de mortalidad. Los resultados señalaron que los tratamientos con esqueje de tallo en suelo agrícola más compost de aserrín y esqueje de tallo en compost de aserrín lograron la mayor altura de brote, con 102 y 97 centímetros respectivamente, así como el mayor diámetro, número de entrenudos y número de plantas prendidas. En contraste, los esquejes de rama en suelo agrícola con arena de río y en tierra agrícola registraron los valores más bajos y los mayores porcentajes de mortalidad, superiores al 56%. Concluyendo que el esqueje de tallo combinado con compost de aserrín constituye la mejor alternativa para la propagación.

Aguilar (2022),ejecutó en un vivero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, distrito de Rupa Rupa, región Huánuco, la investigación "Propagación de dos especies de bambúes empleando esquejes con cuatro sustratos orgánicos", partiendo de la constatación de que, aunque el cultivo del bambú se masifica en distintas localidades, persisten dudas sobre el sustrato más adecuado para su propagación. El objetivo fue evaluar la propagación de *Dendrocalamus asper* y *Guadua angustifolia* mediante esquejes en cuatro sustratos orgánicos: tierra agrícola, humus de lombriz, cascarilla de arroz y aserrín descompuesto, dispuestos bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Los resultados indicaron que *Dendrocalamus asper* alcanzó la mayor altura total y la mayor cantidad de hojas, siendo el aserrín descompuesto el sustrato que más influyó en ambas variables; en la interacción, los plantones con mejores características fueron los de *Dendrocalamus asper* producidos en sustratos con aserrín descompuesto. No obstante, la mortalidad resultó muy elevada en ambas especies, con un valor mínimo promedio del 66% cuando se empleó Guadua angustifolia sembrada en humus de lombriz, aunque sin significancia estadística. Finalizando que conviene utilizar sustratos con aserrín descompuesto al propagar estas especies en bolsas de polietileno, si bien recomendó perfeccionar las técnicas de propagación dada la alta tasa de mortalidad registrada. Este trabajo aporta evidencia directa sobre el comportamiento de dos de las especies de interés y advierte sobre los riesgos de mortalidad en la fase de vivero.

Cruz (2024),condujo en el centro poblado Panchía, distrito de Tabaconas, provincia de San Ignacio, Cajamarca, la investigación "Efecto de tres sustratos orgánicos en la propagación de chusquines de bambú *(Guadua angustifolia* Kunth*)"*, destacando la relevancia ambiental, social y económica de la especie y la dificultad que supone su inflorescencia esporádica para la reproducción sexual. El objetivo fue determinar la efectividad de distintos sustratos orgánicos para la propagación de la guadua a través de chusquines. El material vegetativo, recolectado de un bambusal local, se sembró considerando alturas de veinte a treinta centímetros, empleando sesenta y cuatro chusquines por tratamiento hasta completar doscientos cincuenta y seis unidades, distribuidas en cuatro tratamientos: tierra agrícola al cincuenta por ciento con compost al treinta por ciento y pajilla

carbonizada de arroz al veinte por ciento; tierra agrícola con aserrín y arena; aserrín al cien por ciento; y tierra agrícola al cien por ciento como testigo. Los resultados mostraron que el primer tratamiento fue el más eficaz para el número de chusquines prendidos, con un 38% de supervivencia, mientras que en altura y diámetro sobresalieron el primer y el cuarto tratamiento, con 17 centímetros de altura y 5,8 centímetros de diámetro. Concluyendo que la mezcla de tierra agrícola, compost y pajilla de arroz carbonizada constituye el mejor sustrato para la propagación.

Carhuatocto (2022),desarrolló en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba, región San Martín, la investigación "Propagación de chusquines de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), utilizando sustratos mejorados", en respuesta a la creciente demanda de plantones por parte de los proyectos de reforestación y a la dependencia de la propagación vegetativa por chusquines. El objetivo principal fue determinar el mejor sustrato para dicha propagación, mediante una metodología experimental de tipo factorial que combinó humus de lombriz, estiércol de vacuno, guano de cuy y tierra agrícola, con la aplicación o no de fósforo como fertilizante y dos distanciamientos de siembra. Los resultados revelaron que el sustrato más efectivo fue la tierra agrícola mezclada con humus de lombriz, con la que se obtuvo un crecimiento de 22,8 centímetros; además, se comprobó que la incorporación de fósforo favorece el crecimiento de los chusquines, en tanto que el distanciamiento no ejerció un efecto apreciable. Concluyendo que la combinación de tierra agrícola, humus de lombriz y fósforo como fertilizante constituye la mejor opción para la propagación, alcanzando un crecimiento de 25,6 centímetros.

Aquino (2019), realizó en el Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria, región Huánuco, la investigación orientada a evaluar el efecto de los sustratos sobre la propagación de *Guadua angustifolia* Kunth y *Guadua weberbaueri Pilg*. mediante acodo subterráneo bajo condiciones de invernadero. El estudio se condujo bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos por dos y cuatro tratamientos, combinando ambas especies con dos sustratos tierra agrícola y aserrín descompuesto, cada uno con cinco repeticiones de una plántula. Se evaluaron el número de nudos enraizados, el número de rebrotes en la base y en los nudos, el

número de plantones obtenidos y el prendimiento en campo definitivo. Los resultados demostraron que el tratamiento de *G. angustifolia* en aserrín descompuesto presentó el mayor número de nudos enraizados, con un promedio de 64,7 %, y la mayor cantidad de plantones obtenidos, con 9,2 en promedio; en cambio, *G. weberbaueri* en aserrín descompuesto alcanzó el mayor número de rebrotes en la base. Respecto al prendimiento en campo definitivo, la mayoría de los tratamientos no mostró mortalidad, salvo *G. weberbaueri* en tierra agrícola, que registró un prendimiento del 97%.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Definición del bambú

El bambú es una planta de la subfamilia Bambusoideae, perteneciente a la familia Poaceae, caracterizada por su rápido crecimiento, que en algunas especies puede alcanzar hasta un metro por día, convirtiéndolo en uno de los recursos vegetales más renovables del planeta (Uniyal et al., 2025). Originario de Asia, Sudamérica y África, y cultivado en aproximadamente 37 millones de hectáreas a nivel mundial, presenta beneficios ambientales, sociales y económicos debido a su resistencia, flexibilidad y adaptabilidad (Prieto et al., 2025). Además, su rápido crecimiento y alta capacidad de fijación de CO_2 lo convierten en un recurso sostenible con potencial para mitigar el cambio climático y contribuir a actividades como la construcción, producción de papel, bioenergía y conservación ambiental (Emamverdian et al., 2020).

2.2.2 Taxonomía de la subfamilia Bambusoideae

Tabla 2 *Clasificación taxonómica del bambú*

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Liliopsida (Monocotyledoneae)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramineae)
Subfamilia	Bambusoideae
Tribus principales	Bambuseae, Arundinarieae y Olyreae
Géneros representativos	*Guadua*, *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys*, *Chusquea*
Especies de interés para la investigación	*Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea* y *Dendrocalamus asper*

Nota. (Ruiz et al., 2021)

2.2.3 Características botánicas y morfológicas del bambú

El bambú pertenece a la subfamilia *Bambusoideae*, integrada dentro de la familia Poaceae (gramíneas). Se caracteriza por ser una planta monocotiledónea, perenne y de rápido crecimiento, con una gran diversidad de formas y tamaños, desde especies herbáceas hasta especies leñosas que pueden alcanzar más de 30 m de altura y diámetros superiores a 20 cm (Vorontsova et al., 2016). Los bambúes presentan una elevada capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas y edáficas, razón por la cual se distribuyen en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo.

Desde el punto de vista botánico, el bambú posee una estructura vegetativa compleja compuesta principalmente por el sistema radicular, rizomas, culmos, ramas, hojas y estructuras reproductivas, las cuales desempeñan funciones específicas en el crecimiento y desarrollo de la planta.

2.2.3.1 Sistema radical y rizomas

El sistema subterráneo del bambú está conformado por el rizoma y las raíces, y constituye la base estructural y funcional de la planta. El rizoma es un tallo subterráneo cuyos nudos conectan las raíces, las yemas de los brotes y los entrenudos, desempeñando un papel central en el crecimiento de la planta(Pan & Shao, 2025). Morfológicamente, los rizomas se clasifican en dos tipos principales: el paquimorfo (corto y grueso, característico de los bambúes cespitosos o de macolla) y el leptomorfo (largo y delgado, propio de los bambúes trepadores o rastreros), de manera que esta estructura cumple funciones de absorción, transporte, distribución y almacenamiento de agua y nutrientes, además de permitir la reproducción vegetativa mediante el desarrollo de nuevos brotes (Liese & Kohl, 2015). Las raíces, de tipo adventicio, emergen principalmente de los nudos del rizoma, crecen hacia abajo y se encargan de fijar la planta al suelo y de absorber el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo.

2.2.3.2 Culmo o tallo

El culmo es el eje aéreo segmentado del bambú y la estructura que concentra la mayor parte del material leñoso de la planta. En el caso del bambú moso

(*Phyllostachys edulis*), una de las especies de mayor valor económico, el culmo presenta uno de los crecimientos más rápidos del reino vegetal (Li et al., 2023). A diferencia de los árboles, el bambú carece de crecimiento secundario en grosor, por lo que el culmo emerge del suelo con el diámetro que conservará durante toda su vida; estructuralmente es hueco, cilíndrico y se encuentra dividido en nudos y entrenudos, y su pared está compuesta por haces vasculares embebidos en un tejido fundamental de parénquima (Liese & Kohl, 2015). En la *Guadua angustifolia* Kunth, especie nativa representativa de Sudamérica, los culmos maduros alcanzan en promedio una longitud total de 21 metros, con un diámetro de 14,8 cm y un espesor de pared de 21,5 mm a la altura del pecho (Prieto et al., 2025).

2.2.3.3 Hojas y ramas

Las hojas y las ramas constituyen el complemento foliar del culmo y cumplen funciones esenciales en la fotosíntesis y el sostén del follaje. Las características morfológicas de los distintos órganos el hábito de la macolla, la naturaleza del culmo, las ramas, las hojas y los rizomas, incluidos los órganos envainadores varían entre los diferentes grupos de bambúes (Liese & Kohl, 2015). Las ramas emergen de las yemas situadas en los nudos del culmo y, según la especie, un solo nudo puede originar una o varias ramas que sostienen las hojas; las hojas, por su parte, presentan una lámina laminar y lanceolada que realiza la función fotosintética, además de una vaina y una lígula (Li et al., 2023). En las primeras etapas del desarrollo, las hojas caulinares (o vainas del culmo) actúan como una cubierta protectora que envuelve los brotes y entrenudos jóvenes, brindando soporte mecánico durante el crecimiento.

2.2.3.4 Brotes y yemas

Los brotes y las yemas son las estructuras responsables de la regeneración y de la propagación vegetativa del bambú. El bambú es capaz de reproducirse tanto de forma sexual como asexual durante su crecimiento natural; en muchos casos lo hace de manera asexual desarrollando nuevos individuos a partir de yemas laterales situadas en la parte basal del entrenudo del rizoma, las cuales finalmente originan nuevos brotes (Li et al., 2023). El brote es el nuevo tallo aéreo que surge de la yema apical de un rizoma paquimorfo o de la yema lateral de un rizoma leptomorfo, y

está constituido por una serie condensada de nudos y entrenudos cortos protegidos por las vainas caulinares, los cuales se elongan rápidamente hasta transformarse en un culmo maduro (Liese & Kohl, 2015). Estas yemas, presentes tanto en los rizomas como en los nudos de los culmos y las ramas, son las que determinan dónde y cuándo emergerán las nuevas estructuras de la planta.

2.2.4 Generalidades del cultivo del bambú

2.2.4.1 Ecología del bambú

Desde una perspectiva ecológica, el bambú es reconocido como un recurso estratégico que cumple un papel fundamental en la regulación de los ecosistemas y en la mitigación del cambio climático. Esta planta desempeña una función crucial en la captura de carbono, la preservación de la biodiversidad y la conservación del suelo, al tiempo que contribuye a mejorar la calidad del agua y a atenuar la degradación de la tierra (Dutta et al., 2025). Gracias a su rápido crecimiento, su alta productividad de biomasa y su particular sistema radical y rizomático, el bambú provee una amplia gama de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación, soporte y culturales que sustentan directamente la estabilidad ecológica y el bienestar humano(Mandaliya, 2026).

2.2.4.2 Requerimientos agroclimáticos

2.2.4.2.1 Temperatura

Es uno de los factores que más condiciona la distribución de la especie; su rango óptimo se ubica entre los 20 °C y los 26 °C. En los ecosistemas con Guadua angustifolia de la región costera de Ecuador, la temperatura presentó el coeficiente de correlación más alto con la tasa de vulnerabilidad de los ecosistemas frente al cambio climático(Romero, 2019). Las plantaciones evaluadas registran temperaturas medias del aire en torno a los 22 °C, y por debajo del rango óptimo el diámetro y la altura de los culmos se reducen (Aguirre et al., 2018).

2.2.4.2.2 Precipitación

Es la variable climática más determinante para el desarrollo de la guadua. Su óptimo se alcanza con precipitaciones anuales de 2 000 a 2 500 mm; las plantaciones de guadua estudiadas reportan valores medios cercanos a los 2 000 mm anuales (Aguirre et al., 2018). El déficit hídrico en los primeros meses tras la siembra resulta crítico por la elevada mortalidad que ocasiona.

2.2.4.2.3 Humedad relativa

La especie prospera en ambientes húmedos, con una humedad relativa óptima entre el 75 % y el 85 %, condición propia de los bosques húmedos tropicales y subtropicales en los que se desarrolla de forma natural (J. Aguirre et al., 2018).

2.2.4.2.4 Radiación solar

La guadua requiere alta luminosidad para un crecimiento vigoroso; una adecuada exposición solar, sumada a su rápido crecimiento y elevada actividad fotosintética, favorece el incremento del número de tallos y la acumulación de biomasa (Romero, 2019).

2.2.4.2.5 Altitud

La especie crece en un amplio gradiente altitudinal, pero su óptimo desarrollo se logra en las zonas medias de montaña. En la región cafetera de los Andes colombianos, entre los 900 y los 2 000 m s. n. m., los remanentes forestales corresponden principalmente a fragmentos dominados por Guadua angustifolia (Ramírez y Camargo, 2019). En este rango, la mayor disponibilidad térmica se traduce en un mayor número de culmos y una mayor resistencia mecánica (Romero, 2019).

2.2.4.2.6 Requerimientos edáficos

Los requerimientos edáficos constituyen uno de los factores determinantes para el establecimiento y desarrollo del bambú, en particular de la Guadua angustifolia Kunth, ya que las características físicas y químicas

del suelo gobiernan de manera directa la relación agua-suelo-planta y, con ello, el crecimiento y la calidad de los culmos. La textura, el pH, la saturación y la relación de cationes (Ca, Mg, K), los elementos menores (Cu, Zn, Fe, Mn, B) y las bases de cambio (Na, K, Mg, Ca) son las propiedades físico-químicas del suelo que influyen sobre las propiedades mecánicas de la guadua y de las que depende un buen crecimiento(Duarte et al., 2016). En términos generales, la especie prospera mejor en suelos de texturas gruesas a medias arenosos, francos o franco-limosos, sueltos, húmedos y con buen drenaje, mientras que los suelos pesados o arcillosos limitan el desarrollo del rizoma; el pH óptimo se sitúa en un rango ligeramente ácido, cercano a 5,5 – 6,0, con una fertilidad moderada (Duarte et al., 2016).

2.2.5 Importancia de la producción de plántulas en vivero

La producción de plántulas en vivero representa una etapa decisiva dentro de la cadena productiva del bambú, ya que de ella depende la disponibilidad de material vegetal de calidad para el establecimiento de plantaciones a escala comercial y para los programas de reforestación. En el contexto peruano, esta importancia se ha vuelto cada vez más evidente, pues existe una demanda creciente de plantones de Guadua angustifolia Kunth por parte de los proyectos de reforestación, una especie que se propaga principalmente de manera vegetativa, siendo la propagación por chusquines la técnica más utilizada (Carhuatocto, 2022). El vivero constituye, en este sentido, el espacio controlado donde los chusquines y demás propágulos completan su proceso de enraizamiento, brotación y crecimiento inicial bajo condiciones manejadas de sustrato, sombra, riego y fertilización, factores que determinan tanto el porcentaje de prendimiento como el vigor de las futuras plantas. La investigación nacional ha demostrado que la elección del sustrato adecuado incide directamente en el desarrollo de las plántulas; por ejemplo, la combinación de tierra agrícola con humus de lombriz, complementada con la aplicación de fósforo como fertilizante, favorece significativamente el crecimiento de los chusquines en esta fase.

2.2.6 Situación actual del cultivo de bambú en el Perú y la región Cusco

En la región Cusco, el bambú destaca tanto por su presencia en bosques nativos como por las iniciativas productivas en marcha. El Gobierno Regional oficializó mediante Ordenanza Regional N.° 205-2021-CR/GR Cusco el reconocimiento de la Mesa Técnica Regional del Bambú, integrada por instituciones y productores de distritos como Huayopata, Echarati, Pichari, Camanti y Kosñipata. Este interés institucional se reflejó también en la Sexta Semana Nacional del Bambú, realizada en 2023 en la provincia de La Convención (SERFOR, 2023). No obstante, el cultivo regional todavía enfrenta retos de escasa tecnificación, limitada información actualizada y débil transformación con valor agregado, desafíos que enmarcan la presente investigación.

2.2.7 Especies de bambú en estudio

2.2.7.1 Guadua angustifolia

Guadua angustifolia Kunth es un bambú leñoso de gran porte perteneciente a la familia Poaceae y a la subfamilia Bambusoideae, endémico de América y considerado nativo de países como Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Posso, 2011). Se trata de una de las especies de bambú más relevantes del continente, valorada por su rápido crecimiento y por la resistencia de sus culmos, los cuales pueden alcanzar alturas de hasta 25 metros y diámetros que oscilan entre 10 y 25 cm, con entrenudos de paredes gruesas. En el contexto peruano, su identificación taxonómica ha sido objeto de estudio para diferenciarla de otras especies del mismo género; investigaciones morfológicas y moleculares confirmaron que el material procedente de La Florida, en la provincia de San Miguel (región Cajamarca), corresponde efectivamente a *Guadua angustifolia* Kunth (Móstiga et al., 2019). Por sus propiedades físico-mecánicas, esta especie es ampliamente empleada en la construcción, la fabricación de muebles, la elaboración de artesanías y la protección de cuencas y riberas, lo que la convierte en un recurso forestal de alto valor económico y ambiental.

2.2.7.2 Phyllostachys aurea

Phyllostachys aurea Rivière y C. Rivière es una especie de bambú de tipo rastrero o "corredor" (de rizoma leptomorfo) perteneciente a la familia Poaceae, originaria de China y ampliamente difundida como especie introducida en distintas regiones del mundo (Catpo, 2019). A diferencia de la guadua, presenta un porte menor, con culmos que alcanzan típicamente hasta 8 a 14 metros de altura y diámetros reducidos, caracterizándose por sus entrenudos basales comprimidos y ligeramente abultados que le otorgan un aspecto distintivo y un valor ornamental apreciado. En el Perú, esta especie ha sido registrada en la región de la selva central, donde estudios etnobotánicos la identificaron como una de las especies introducidas de mayor uso y abundancia local, destinada principalmente a la construcción rural, la elaboración de artesanías y otros usos domésticos (Catpo, 2019). Su rusticidad, su capacidad de adaptación y su rápida propagación a través de rizomas explican su amplia distribución, aunque estas mismas características pueden tornarla invasora si no se maneja adecuadamente (Móstiga et al., 2019).

2.2.7.3 Dendrocalamus asper

Dendrocalamus asper (Schult. y Schult. f.) Backer ex K. Heyne es un bambú gigante de tipo cespitoso (de rizoma paquimorfo) perteneciente a la familia Poaceae, originario del sudeste asiático e introducido en el Perú por su elevado valor económico y su versatilidad de usos (Catpo, 2019). Es una de las especies de mayor tamaño, con culmos robustos que pueden superar los 20 metros de altura y alcanzar diámetros considerables, lo que la hace especialmente apreciada para la construcción, la producción de brotes comestibles y la recuperación de suelos degradados. En el país, esta especie ha sido objeto de diversos estudios orientados a su propagación y a la caracterización de sus propiedades; investigaciones desarrolladas en la zona de Tingo María evaluaron su multiplicación vegetativa en condiciones de vivero, confirmando su buen comportamiento y su potencial silvicultural para el agricultor (Poicón, 2015). Asimismo, se ha documentado su presencia y

abundancia como especie introducida en la selva central peruana, donde se cultiva junto a otras especies de bambú con fines productivos (Catpo, 2019).

2.2.8 Variables de crecimiento en vivero

Las variables de crecimiento en vivero son indicadores morfológicos y fisiológicos utilizados para evaluar el desarrollo, vigor y calidad de las plántulas durante su etapa de producción. Estas variables permiten determinar la respuesta de las plantas a las condiciones de manejo, fertilización, riego y sustrato, además de predecir su capacidad de adaptación y supervivencia después del trasplante al campo definitivo (Poicón, 2015).

2.2.8.1 Altura de planta

La altura de planta es una variable que expresa el crecimiento longitudinal de la plántula desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento. Constituye uno de los indicadores más utilizados para evaluar el vigor de las plantas en vivero, ya que refleja la capacidad de crecimiento y el aprovechamiento de los recursos disponibles. Generalmente se expresa en centímetros y su incremento está relacionado con condiciones adecuadas de nutrición, agua y luminosidad (Duarte et al., 2016).

2.2.8.2 Número de brotes

El número de brotes corresponde a la cantidad de nuevas estructuras vegetativas emitidas por una planta durante un período determinado. Esta variable permite evaluar la capacidad de regeneración y crecimiento vegetativo de la plántula, siendo un indicador importante de su actividad fisiológica y potencial productivo. Un mayor número de brotes suele asociarse con plantas más vigorosas y con mejor capacidad de establecimiento en campo (Romero, 2019).

2.2.8.3 Número de hojas

El número de hojas representa la cantidad total de hojas desarrolladas por cada planta. Esta variable es importante porque está directamente relacionada con la superficie fotosintética disponible para la producción de

biomasa. Un mayor número de hojas favorece la captación de luz y la acumulación de reservas energéticas, contribuyendo al crecimiento y desarrollo de la plántula (Poicón, 2015).

2.2.8.4 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo es una medida del grosor del eje principal de la planta, generalmente evaluada en la base o cuello de la raíz. Es considerado uno de los mejores indicadores de calidad de planta, debido a que refleja la resistencia mecánica, la acumulación de reservas y la capacidad de supervivencia después del trasplante. Plantas con mayor diámetro suelen presentar mejor adaptación a condiciones ambientales adversas (Móstiga et al., 2019).

2.2.8.5 Longitud de raíces

La longitud de raíces corresponde a la distancia total alcanzada por el sistema radicular de la plántula. Esta variable permite evaluar la capacidad de exploración del suelo para la absorción de agua y nutrientes. Un sistema radicular más desarrollado favorece el establecimiento de la planta en campo y mejora su tolerancia frente a períodos de estrés hídrico(Cano, 2020).

2.2.9 Sustratos para la producción de plántulas

Los sustratos para la producción de plántulas son materiales o mezclas de materiales que sirven como medio de crecimiento para el desarrollo de las raíces y el sostenimiento de las plantas en vivero. Su función principal es proporcionar soporte físico, retención de agua, aireación y disponibilidad de nutrientes, creando condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de las plántulas. La selección adecuada del sustrato influye directamente en la calidad y el vigor del material vegetal producido (Nath et al., 2015).

El sustrato es el medio físico donde se desarrollan las raíces de una planta y desde el cual obtiene agua, oxígeno y nutrientes necesarios para su crecimiento. Puede estar constituido por materiales orgánicos, inorgánicos o mezclas de ambos, seleccionados de acuerdo con las necesidades del cultivo.

Un sustrato de calidad debe poseer adecuada capacidad de retención de humedad, buen drenaje, suficiente porosidad y estabilidad física para garantizar un óptimo desarrollo radicular y una producción eficiente de plántulas en vivero. (Smith et al., 2019).

2.2.10 Producción de plantas de bambú en vivero

La producción de plantas de bambú en vivero comprende el conjunto de actividades técnicas orientadas a obtener material vegetal de alta calidad genética, fisiológica y sanitaria para su establecimiento en campo definitivo. Este proceso incluye la selección de plantas madre, la obtención de propágulos, el manejo adecuado del sustrato, el control de humedad y temperatura, así como las labores de fertilización y sanidad vegetal. La producción en vivero permite garantizar la disponibilidad continua de plántulas vigorosas, uniformes y adaptadas a las condiciones ambientales del área de plantación, contribuyendo al éxito de los programas de reforestación, conservación y aprovechamiento sostenible del bambú (Ma et al., 2023).

2.2.11 Sistemas de propagación del bambú

La propagación del bambú constituye el proceso mediante el cual se generan nuevos individuos a partir de semillas o de estructuras vegetativas. Debido a que muchas especies presentan ciclos de floración prolongados e irregulares, los métodos vegetativos suelen emplearse con mayor frecuencia en viveros comerciales. Los sistemas de propagación se clasifican en sexual y asexual, dependiendo del origen del material utilizado para producir nuevas plantas (Tripathi et al., 2024).

2.2.11.1 Propagación sexual

La propagación sexual se realiza mediante semillas obtenidas después de la floración y fructificación de las plantas de bambú. Este método permite generar individuos con mayor variabilidad genética, característica importante para programas de mejoramiento genético, conservación de recursos fitogenéticos y adaptación a condiciones ambientales cambiantes. Sin embargo, su aplicación es limitada debido a

que la mayoría de las especies de bambú florecen en intervalos que pueden superar varias décadas, además de presentar baja disponibilidad y viabilidad de semillas en algunos casos. Las plántulas obtenidas por esta vía requieren cuidados especiales durante las primeras etapas de crecimiento para garantizar su establecimiento exitoso (Ruiz et al., 2021).

2.2.11.2 Propagación asexual:

La propagación asexual, también denominada propagación vegetativa, consiste en la obtención de nuevas plantas a partir de órganos vegetativos como rizomas, culmos, ramas o tejidos cultivados en laboratorio. Este sistema permite conservar las características genéticas de la planta madre, obteniendo individuos uniformes y con crecimiento más rápido que los provenientes de semillas. Debido a estas ventajas, constituye el método más utilizado para la producción masiva de plantas de bambú en viveros comerciales y programas de reforestación (Ma et al., 2023).

2.2.12 Métodos de propagación vegetativa

Los métodos de propagación vegetativa aprovechan la capacidad natural del bambú para regenerar brotes y raíces a partir de tejidos meristemáticos presentes en diferentes estructuras de la planta. Estos procedimientos permiten producir material de siembra homogéneo y reducir el tiempo requerido para establecer nuevas plantaciones (Muñoz et al., 2022).

2.2.12.1 Propagación por rizomas

La propagación por rizomas consiste en utilizar segmentos del sistema subterráneo del bambú que contienen yemas y raíces viables para generar nuevas plantas. Este método ofrece altas tasas de supervivencia debido a las reservas nutritivas almacenadas en los rizomas, aunque su aplicación puede verse limitada por la disponibilidad de material y el posible daño a las plantas madre (Abad et al., 2001).

2.2.12.2 Propagación por culmos

Este método emplea secciones de culmos o tallos con nudos que contienen yemas latentes. Bajo condiciones adecuadas, estos segmentos desarrollan raíces y brotes, permitiendo obtener numerosas plantas a partir de un solo individuo. Su éxito depende de la especie, la edad del culmo y el manejo en vivero (Ramírez y Camargo, 2019).

2.2.12.3 Propagación por ramas

La propagación por ramas utiliza ramas laterales con capacidad de emitir raíces y brotes. Es una técnica práctica que facilita la producción de nuevas plantas sin afectar considerablemente la estructura de la planta madre, siendo especialmente útil en especies con abundante ramificación (Alfaro, 2023).

2.2.12.4 Propagación in vitro

La propagación in vitro o micropropagación consiste en cultivar tejidos vegetales en condiciones estériles de laboratorio para obtener plantas uniformes y libres de enfermedades. Es una técnica eficiente para la multiplicación masiva y la conservación de especies de bambú de interés económico o ecológico (Julca et al., 2006).

2.3 Definicion de terminos

Bambú: El bambú es una gramínea perenne de rápido crecimiento perteneciente a la subfamilia Bambusoideae, ampliamente utilizada por su valor ecológico, económico y forestal (Alfaro, 2023).

Emergencia: Es el proceso mediante el cual la plántula atraviesa el sustrato y alcanza la superficie, constituyendo una etapa fundamental del establecimiento inicial de la planta. Este proceso ocurre después de la germinación y depende de la activación metabólica, el crecimiento de la radícula y el desarrollo posterior de la plántula. En estudios experimentales, el tiempo hasta la emergencia puede emplearse como una variable para evaluar la rapidez y uniformidad del establecimiento vegetal (Smolikova y Medvedev, 2022; Swinton et al., 2022).

Brotación: Corresponde al proceso mediante el cual una yema activa su crecimiento y origina un nuevo brote, como consecuencia de la reanudación de la actividad meristemática. En bambú, la emergencia y elongación de los brotes constituyen procesos importantes durante la propagación vegetativa y pueden estar condicionados por la posición del material de propagación, la especie y las condiciones de cultivo (Mwesigwa et al., 2023).

Aparición de hojas: Es el proceso de formación y expansión progresiva de nuevas hojas durante el desarrollo vegetativo de la planta. Constituye un indicador del avance del desarrollo aéreo, debido a que las nuevas hojas incrementan la superficie fotosintética disponible y contribuyen a la acumulación de biomasa. En investigaciones de crecimiento vegetal, el número de hojas y otros atributos morfológicos son utilizados como indicadores del desarrollo y calidad de las plantas (Lee et al., 2026).

Altura de planta: Es una variable morfológica que expresa el crecimiento longitudinal de la parte aérea de la planta y permite cuantificar los cambios en tamaño durante su desarrollo. En investigaciones de vivero, la altura constituye uno de los principales atributos utilizados para caracterizar el crecimiento y la calidad de las plantas, debido a que refleja parcialmente su desarrollo estructural y su capacidad de establecimiento (Villar et al., 2026; Amaringo et al., 2025).

Supervivencia: Representa la capacidad de las plantas para mantenerse vivas durante un periodo determinado después de su establecimiento o propagación. En viveros forestales, el porcentaje de supervivencia es un indicador importante para evaluar la respuesta de las plantas a las condiciones de propagación, al sustrato y al manejo, y constituye además un atributo relacionado con su posterior capacidad de establecimiento (Amaringo et al., 2025; Alfaro, 2023).

Longitud radicular: Es una característica morfológica que expresa la extensión longitudinal alcanzada por el sistema de raíces. Esta variable permite valorar el desarrollo del sistema radical y su capacidad potencial para explorar el volumen de sustrato disponible. En estudios de producción de plantas en vivero, la longitud de las raíces se utiliza junto con otros atributos para evaluar el desarrollo y la calidad de las plantas (Amaringo et al., 2025).

Índice de calidad: Es un indicador integrado que permite valorar el estado morfológico y la robustez de las plantas mediante la combinación de diferentes características de crecimiento. Entre los índices más utilizados se encuentra el Índice de Calidad de Dickson (DQI), que integra la biomasa total, la altura, el diámetro del tallo y la relación entre biomasa aérea y radicular, permitiendo valorar de manera conjunta el tamaño y el equilibrio morfológico de las plantas (Amaringo et al., 2025; Lee et al., 2026).

Sustrato: El sustrato es el medio de crecimiento que proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas en vivero (Vargas, 2022).

Desarrollo vegetativo: El desarrollo vegetativo comprende el crecimiento de órganos como raíces, tallos y hojas, reflejando el vigor y adaptación de la planta durante su establecimiento (Santiago, 2025).

Vivero: El vivero es un espacio destinado a la producción y manejo de plantas bajo condiciones controladas para garantizar su adecuada calidad antes del trasplante (Villalobos, 2024).

Biomasa: Corresponde a la cantidad de materia orgánica acumulada por una planta como resultado de su crecimiento y desarrollo (Aguirre, 2019).

Brote: Estructura joven originada a partir de yemas o rizomas que da lugar al desarrollo de nuevos culmos y hojas en el bambú (Cano, 2020).

Rizoma: Tallo subterráneo modificado que cumple funciones de almacenamiento de reservas, propagación vegetativa y emisión de nuevas raíces y brotes. En los bambúes, el sistema rizomatoso determina el patrón de crecimiento de la especie y su capacidad de regeneración y expansión (Aguirre, 2019).

Germinación: Proceso fisiológico mediante el cual una semilla viable reinicia su crecimiento embrionario bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y oxígeno, dando origen a una nueva planta. Este proceso se inicia con la imbibición de agua y culmina con la emergencia de la radícula (Bewley et al., 2013).

Propagación vegetativa: Es una forma de reproducción asexual que permite obtener nuevas plantas a partir de órganos vegetativos como tallos, rizomas, estacas, esquejes o yemas, conservando las características genéticas de la planta madre. En el cultivo de bambú, este método es ampliamente utilizado debido a la escasa disponibilidad de semillas y a su elevada eficiencia de establecimiento (Bewley et al., 2013).

Materia orgánica: Conjunto de residuos de origen vegetal y animal en diferentes estados de descomposición presentes en el suelo, que contribuyen al suministro de nutrientes y mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Su incorporación favorece la fertilidad y productividad de los cultivos (Santiago, 2025).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema específico de la producción forestal, orientado a identificar el sustrato más adecuado para la propagación del bambú en vivero mediante la aplicación de conocimientos científicos con utilidad práctica. Este tipo de investigación emplea fundamentos teóricos para atender necesidades concretas y contribuir a la mejora de los procesos productivos (Hernández et al., 2014).

Asimismo, el estudio presenta un enfoque cuantitativo, debido a que las variables agronómicas y fenológicas se midieron mediante datos numéricos, los cuales fueron analizados estadísticamente para contrastar las hipótesis planteadas. Este enfoque se fundamenta en la medición objetiva de los fenómenos y el uso de herramientas estadísticas para comprobar teorías y establecer relaciones entre variables (Montgomery, 2013).

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel explicativo, porque busca determinar la relación de causa y efecto entre las mezclas de sustrato (variable independiente) y el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (variable dependiente). Este nivel de investigación permite explicar las causas de los fenómenos mediante la comprobación de hipótesis y el análisis de las relaciones entre variables (Ñaupas et al., 2018). Asimismo, los estudios explicativos pretenden identificar los factores que originan un fenómeno y las condiciones en que este ocurre (Arias, 2012). En este estudio se evaluó el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre variables de crecimiento como altura de planta, número de brotes, número de hojas y días a la emergencia.

3.2 Método de investigación

La investigación empleó el método hipotético-deductivo, el cual consistió en formular hipótesis a partir del problema de investigación y contrastarlas mediante la experimentación y el análisis estadístico de los datos obtenidos. Este método permite comprobar empíricamente las proposiciones derivadas del marco teórico para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas (Gutiérrez & De la Vara, 2008). De manera complementaria, se utilizó el método experimental, debido a que se manipuló la variable independiente y se controlaron las condiciones del ensayo para evaluar su efecto sobre el desarrollo vegetativo del bambú, permitiendo establecer relaciones de causalidad (Bernal et al., 2016).

3.3 Diseño de investigación

La investigación presentó un diseño experimental, de tipo experimento puro, debido a que se manipuló deliberadamente la variable independiente y los tratamientos fueron asignados aleatoriamente bajo condiciones controladas. Este diseño permite evaluar el efecto de una o más variables independientes sobre la variable dependiente con un alto grado de control y validez interna (Hernández et al., 2014). Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 4, conformado por tres especies de bambú y cuatro mezclas de sustrato, obteniéndose doce tratamientos con tres repeticiones, para un total de treinta y seis unidades experimentales. El arreglo factorial permitió evaluar tanto los efectos principales como la interacción entre los factores estudiados (Montgomery, 2013)

3.4 Descripción de tratamientos

El trabajo de investigación (Tabla 2) presenta 12 tratamientos establecidos bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 4, resultado de la combinación de tres especies de bambú y cuatro composiciones de sustrato. Las especies evaluadas fueron Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper y Phyllostachys aurea. Para cada especie se aplicaron cuatro tipos de sustrato: tierra agrícola al 100 % como testigo, y tres mezclas compuestas por 50 % de tierra agrícola + 25 % de roca fosfórica + 25 % de cascarilla, 50 % de tierra agrícola + 25 % de compost + 25 % de cascarilla, y 50 % de tierra agrícola + 25 % de guano de isla + 25 % de cascarilla. En consecuencia, los tratamientos T1–T4 correspondieron

a G. angustifolia, T5–T8 a D. asper y T9–T12 a P. aurea. Esta distribución permitió evaluar tanto el efecto individual de las especies y los sustratos como la posible interacción entre ambos factores sobre el desarrollo vegetativo del bambú.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos DCA conl arreglo factorial 3×4

Trat.	Especie	Composición del sustrato
T1	*Guadua angustifolia*	Tierra agrícola 100 % (testigo)
T2	*Guadua angustifolia*	T. agrícola 50 % + roca fosfórica 25 % + cascarilla 25 %
T3	*Guadua angustifolia*	T. agrícola 50 % + compost 25 % + cascarilla 25 %
T4	*Guadua angustifolia*	T. agrícola 50 % + guano de isla 25 % + cascarilla 25 %
T5	*Dendrocalamus asper*	Tierra agrícola 100 % (testigo)
T6	*Dendrocalamus asper*	T. agrícola 50 % + roca fosfórica 25 % + cascarilla 25 %
T7	*Dendrocalamus asper*	T. agrícola 50 % + compost 25 % + cascarilla 25 %
T8	*Dendrocalamus asper*	T. agrícola 50 % + guano de isla 25 % + cascarilla 25 %
T9	*Phyllostachys aurea*	Tierra agrícola 100 % (testigo)
T10	*Phyllostachys aurea*	T. agrícola 50 % + roca fosfórica 25 % + cascarilla 25 %
T11	*Phyllostachys aurea*	T. agrícola 50 % + compost 25 % + cascarilla 25 %
T12	*Phyllostachys aurea*	T. agrícola 50 % + guano de isla 25 % + cascarilla 25 %

3.5 Ámbito temporal y espacial

3.5.1 Ámbito temporal

La investigación se desarrolló durante el año 2025, con un periodo aproximado de cuatro meses de trabajo de campo, desde la instalación del experimento hasta la evaluación de las variables fenológicas y agronómicas del cultivo. Este periodo permitió registrar el crecimiento inicial y la respuesta de las tres especies de bambú bajo condiciones de vivero.

3.5.2 Ámbito espacial

La investigación se realizó en un vivero ubicado en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, región Cusco, zona de ceja de selva de la Amazonía peruana. El área presenta condiciones de clima cálido y húmedo, con temperaturas entre 22 °C y 26 °C, alta precipitación y elevada humedad relativa, características favorables para el desarrollo vegetativo del bambú. La ubicación exacta del vivero se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Ubicación geográfica del vivero en el distrito de Pichari, La Convención, Cusco.



Fuente: *Google Earth.*

3.6 Población, muestra y muestreo

3.6.1 Población

La población estuvo conformada por 720 propagágulos vegetativos (chusquines) de las especies *Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper y Phyllostachys aurea,* disponibles en el vivero del distrito de Pichari durante la ejecución de la investigación. La población comprende el conjunto total de unidades que poseen características comunes y sobre las cuales se pretende obtener conclusiones (Arias, 2012).

3.6.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 36 unidades experimentales, correspondientes a los doce tratamientos del arreglo factorial 3 × 4 con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 20 bolsas con el sustrato asignado y un propagágulo de la especie correspondiente, donde se realizaron las evaluaciones del estudio (Ñaupas et al., 2018).

3.6.3 Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que las unidades experimentales fueron seleccionadas según la disponibilidad de material vegetal y los criterios del diseño experimental. Sin embargo, la asignación de los tratamientos se realizó de forma aleatoria conforme al Diseño Completamente al Azar, garantizando el control experimental (Arias, 2012).

3.6.4 Técnica

La técnica de recolección de datos fue la observación directa estructurada, mediante evaluaciones periódicas de las unidades experimentales para registrar las variables fenológicas y agronómicas del estudio. Esta técnica permite obtener información objetiva y sistemática de los fenómenos observados (Hernández et al., 2014).

3.6.5 Instrumentos

El instrumento utilizado fue una ficha de observación o registro de datos, diseñada para consignar los valores de cada variable por tratamiento y fecha de evaluación. Para las mediciones se emplearon una regla graduada, cinta métrica, vernier y conteo directo, según la variable evaluada. La validez del instrumento fue determinada mediante juicio de expertos, asegurando su pertinencia respecto a los objetivos de la investigación (Bernal et al., 2016).

3.6.6 Materiales, equipos e insumos

Para la ejecución de la investigación se emplearon los siguientes materiales, equipos e insumos:

Materiales

- Bolsas de polietileno para vivero.
- Propágulos vegetativos (chusquines) de *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus asper* y *Phyllostachys aurea*.
- Etiquetas de identificación y marcadores permanentes.
- Regaderas y baldes.

- Libreta de campo y fichas de registro.

Equipos

- Cinta métrica o regla graduada para medir la altura de las plantas.
- Vernier (cuando fue necesario para mediciones específicas).
- Balanza digital para el pesaje de componentes del sustrato.
- Cámara fotográfica para el registro del desarrollo del experimento.
- Computadora con software estadístico para el procesamiento y análisis de los datos.

Insumos

- Tierra agrícola.
- Arena.
- Materia orgánica (según los tratamientos establecidos).
- Agua para riego.
- Materiales para la preparación de las mezclas de sustrato.

3.7 Procedimientos

El desarrollo de la investigación siguió una secuencia ordenada de actividades que permitió ejecutar el experimento de manera adecuada y obtener información confiable. En primer lugar, se acondicionó el vivero, verificando que contara con condiciones apropiadas de sombra, ventilación y disponibilidad de agua para el desarrollo de los propagágulos. Posteriormente, se prepararon los sustratos de acuerdo con las proporciones establecidas para cada tratamiento y se procedió al llenado de las bolsas de polietileno.

Una vez preparados los sustratos, se seleccionaron propagágulos vegetativos sanos y uniformes de las tres especies de bambú. Estos fueron sembrados en las unidades experimentales y distribuidos aleatoriamente según el Diseño Completamente al Azar (DCA). Durante todo el periodo de evaluación, todos los tratamientos recibieron el mismo manejo agronómico, realizando oportunamente las labores de riego, deshierbe y control fitosanitario.

Las evaluaciones se efectuaron de manera periódica utilizando una ficha de observación, en la que se registraron los datos correspondientes a los días hasta la emergencia, número de brotes, días a la aparición de hojas, altura de planta, número de hojas y longitud de raíces. Finalmente, la información obtenida fue revisada, organizada y tabulada para su respectivo análisis estadístico.

3.8 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial, utilizando programas estadísticos y hojas de cálculo. El análisis de datos permitió organizar, resumir e interpretar la información para contrastar las hipótesis planteadas (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

3.8.1 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva se utilizó para resumir el comportamiento de las variables mediante medidas de tendencia central y dispersión, como la media, valores mínimo y máximo, varianza y desviación estándar. Los resultados se presentaron en tablas y gráficos para facilitar su interpretación (Montgomery, 2013).

3.8.2 Estadística inferencial

La estadística inferencial se empleó para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la especie, el sustrato y su interacción. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % de significancia. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Bernal et al., 2016).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Análisis e interpretación de resultados

4.1.1.1 Estadística descriptiva para la variable: Días de emergencia

Tabla 4

Análisis descriptivo para los días de emergencia por tratamiento

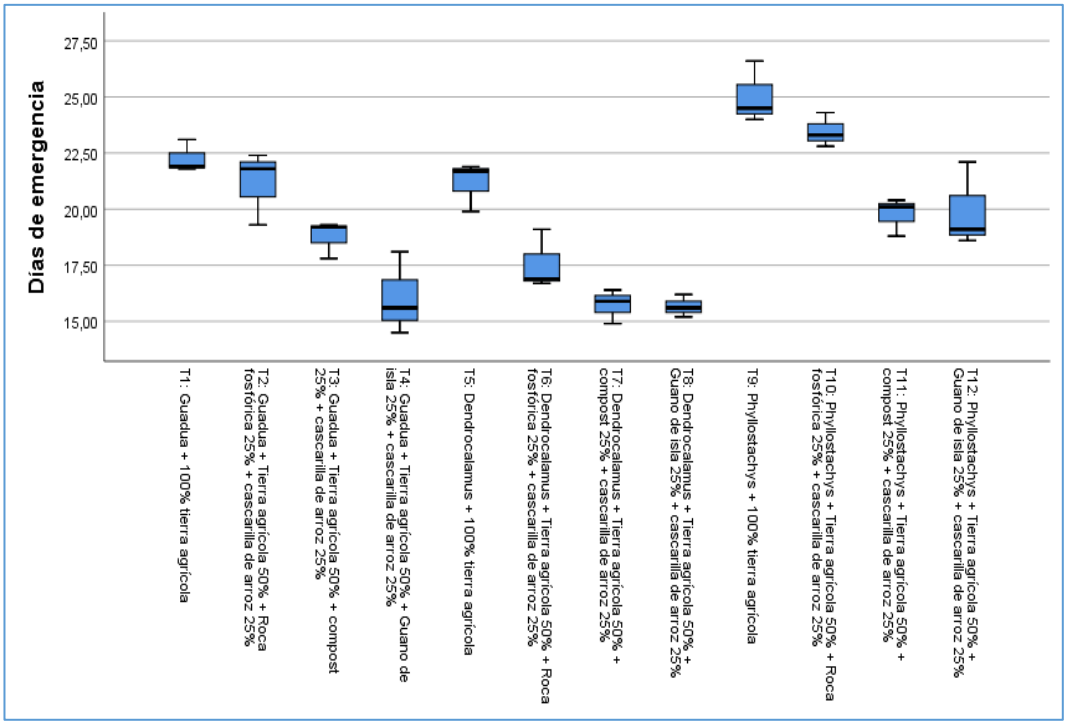
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	22,27	21,80	23,10	0,523	0,723
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	21,17	19,30	22,40	2,703	1,644
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	18,77	17,80	19,30	0,703	0,839
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	16,07	14,50	18,10	3,403	1,845
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	21,17	19,90	21,90	1,213	1,102
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	17,57	16,70	19,10	1,773	1,332
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	15,73	14,90	16,40	0,583	0,764
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	15,67	15,20	16,20	0,253	0,503
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	25,03	24,00	26,60	1,903	1,380
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	23,47	22,80	24,30	0,583	0,764
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	19,77	18,80	20,40	0,723	0,850
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	19,93	18,60	22,10	3,583	1,893

La Tabla 3 presentan un análisis descriptivo de los días a la emergencia de los patrones de bambú (*Guadua*, *Dendrocalamus* y *Phyllostachys*) bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T9 registró el mayor número promedio de días a la emergencia (25,03 días), seguido de T10 (23,47 días) y T1 (22,27 días), mientras que T8 presentó el valor más bajo (15,67 días). Esto indica que los tratamientos con mayor proporción de enmiendas orgánicas como el guano de isla favorecen una emergencia más temprana de los brotes, mientras que

los sustratos con 100 % de tierra agrícola tienden a retrasarla. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T12 (desviación estándar = 1,893) y T4 (desviación estándar = 1,845) muestran mayor variabilidad, lo que indica heterogeneidad en la respuesta dentro de estas condiciones, mientras que T8 (desviación estándar = 0,503) presenta menor variabilidad, evidenciando una emergencia más uniforme. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T9 alcanzó un máximo de 26,60 días y T4 un mínimo de 14,50 días, reflejando un rango amplio en el tiempo de emergencia entre tratamientos.

Figura 2

Comportamiento estadístico de los días a la emergencia bajo diferentes tratamientos



La Figura 2 ilustra el comportamiento estadístico de los días a la emergencia de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T9 y T10 alcanzaron los valores más altos, con promedios cercanos a los 24 y 23 días respectivamente, mientras que el tratamiento T8 mostró el periodo más corto (≈15,7 días). Los tratamientos intermedios, como T1, T5 y T11, presentaron valores

moderados que oscilaron entre 19 y 22 días. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia descendente en el tiempo de emergencia a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T8 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia en los resultados, mientras que T12 y T4 presentaron mayor dispersión.

4.1.1.2 Estadística descriptiva para la variable número de brotes emitidos

Tabla 5

Análisis descriptivo para el número de brotes emitidos por tratamiento

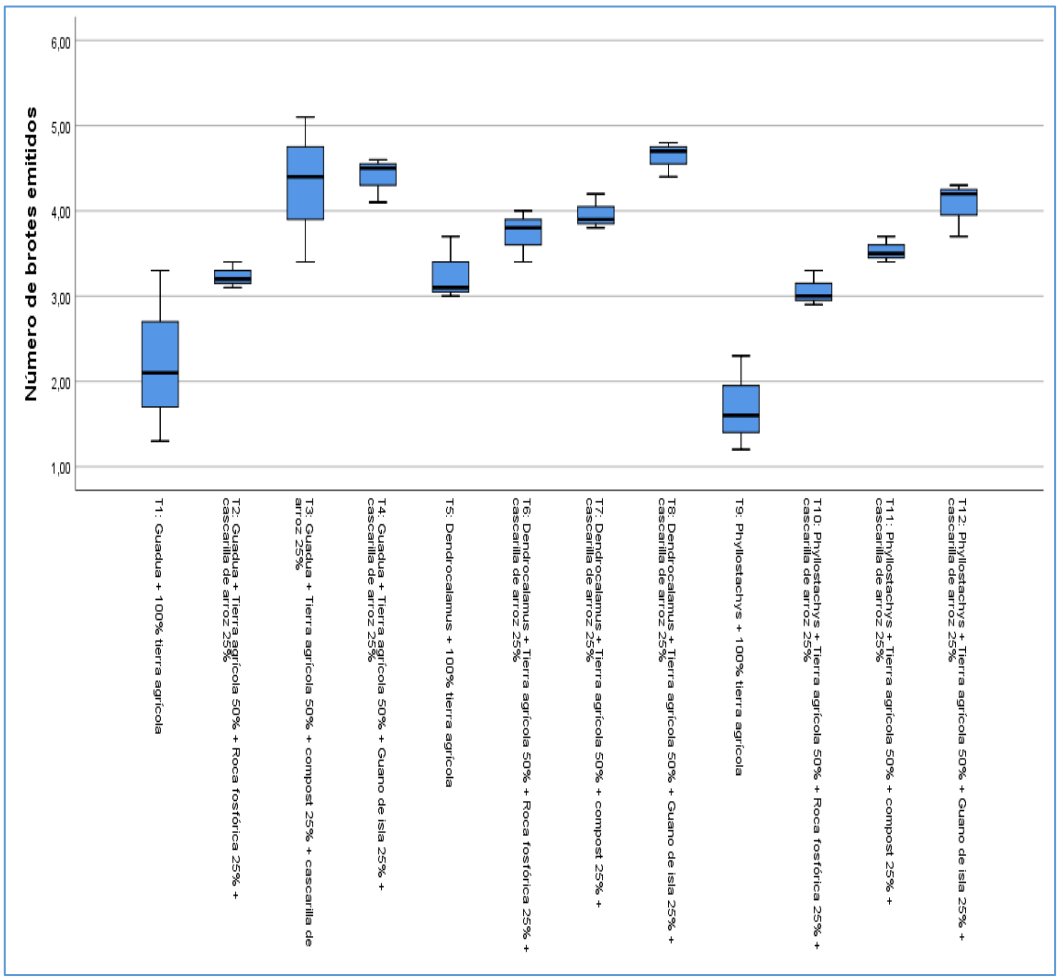
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	2,23	1,30	3,30	1,013	1,007
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	3,23	3,10	3,40	0,023	0,153
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	4,30	3,40	5,10	0,730	0,854
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	4,40	4,10	4,60	0,070	0,265
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	3,27	3,00	3,70	0,143	0,379
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	3,73	3,40	4,00	0,093	0,306
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	3,97	3,80	4,20	0,043	0,208
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	4,63	4,40	4,80	0,043	0,208
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	1,70	1,20	2,30	0,310	0,557
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	3,07	2,90	3,30	0,043	0,208
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	3,53	3,40	3,70	0,023	0,153
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	4,07	3,70	4,30	0,103	0,321

La Tabla 4 y la Figura 3 presentan un análisis descriptivo del número de brotes emitidos por los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T8 registró la mayor media de brotes emitidos (4,63 brotes), seguido de T4 (4,40 brotes) y T3 (4,30 brotes), mientras que T9 presentó el valor más bajo (1,70 brotes). Esto indica que los tratamientos que incluyen mayores proporciones de guano de isla y compost favorecen una mayor emisión de brotes, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola limitan

este desarrollo. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T3 alcanzó un máximo de 5,10 brotes y T9 un mínimo de 1,20 brotes, reflejando un rango amplio de emisión de brotes entre los tratamientos.

Figura 3

Comportamiento estadístico del número de brotes emitidos bajo diferentes tratamientos



La Figura 3 ilustra el comportamiento estadístico del número de brotes emitidos por los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T8 y T4 alcanzaron los valores más altos de brotación, con promedios cercanos a 4,6 y 4,4 brotes, mientras que el tratamiento T9 mostró el valor más bajo (≈1,7 brotes). Los tratamientos intermedios, como T6, T7 y T12, presentaron valores moderados que oscilaron entre 3,7 y 4,1 brotes. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la emisión de brotes a medida que

se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T2 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T1 presentó mayor dispersión.

4.1.1.3 Estadística descriptiva para la variable días a la aparición de hojas

Tabla 6

Análisis descriptivo para los días de aparición de hojas

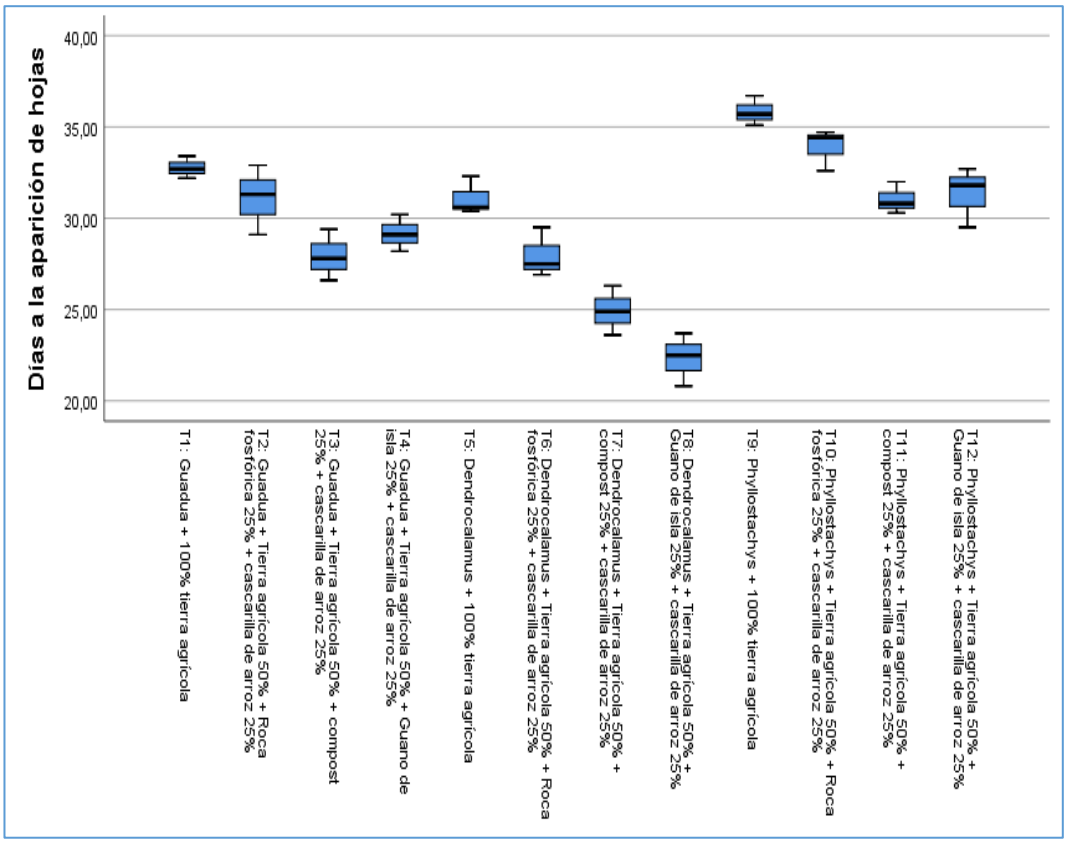
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	32,77	32,20	33,40	0,363	0,603
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	31,10	29,10	32,90	3,640	1,908
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	27,93	26,60	29,40	1,973	1,405
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	29,17	28,20	30,20	1,003	1,002
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	31,10	30,40	32,30	1,090	1,044
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	27,97	26,90	29,50	1,853	1,361
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	24,93	23,60	26,30	1,823	1,350
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	22,33	20,80	23,70	2,123	1,457
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	35,83	35,10	36,70	0,653	0,808
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	33,90	32,60	34,70	1,290	1,136
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	31,03	30,30	32,00	0,763	0,874
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	31,33	29,50	32,70	2,723	1,650

La Tabla 5 presenta un análisis descriptivo de los días a la aparición de hojas de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T9 registró el mayor número promedio de días a la aparición de hojas (35,83 días), seguido de T10 (33,90 días) y T1 (32,77 días), mientras que T8 presentó el valor más bajo (22,33 días). Esto indica que los tratamientos con mayor proporción de enmiendas orgánicas, especialmente el guano de isla, favorecen una aparición foliar más temprana, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola tienden a retrasarla. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T2 (desviación estándar = 1,908) y T12 (desviación

estándar = 1,650) muestran mayor variabilidad, lo que indica heterogeneidad en la respuesta dentro de estas condiciones, mientras que T1 (desviación estándar = 0,603) presenta menor variabilidad, evidenciando una aparición foliar más uniforme. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T9 alcanzó un máximo de 36,70 días y T8 un mínimo de 20,80 días, reflejando un rango amplio en el tiempo de aparición de hojas entre tratamientos.

Figura 4

Comportamiento estadístico de los días a la aparición de hojas bajo diferentes tratamientos



La Figura 4 ilustra el comportamiento estadístico de los días a la aparición de hojas de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T9 y T10 alcanzaron los periodos más prolongados, con promedios cercanos a 36 y 34 días, mientras que el tratamiento T8 mostró el periodo más corto (≈22,3 días). Los tratamientos intermedios, como T2, T5 y T11, presentaron valores moderados que oscilaron entre 31 y 31 días. La representación gráfica permite observar

claramente la tendencia descendente en el tiempo de aparición foliar a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T1 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T2 presentó mayor dispersión.

4.1.1.4 Estadística descriptiva para la variable altura de planta

Tabla 7

Análisis descriptivo para altura de la planta

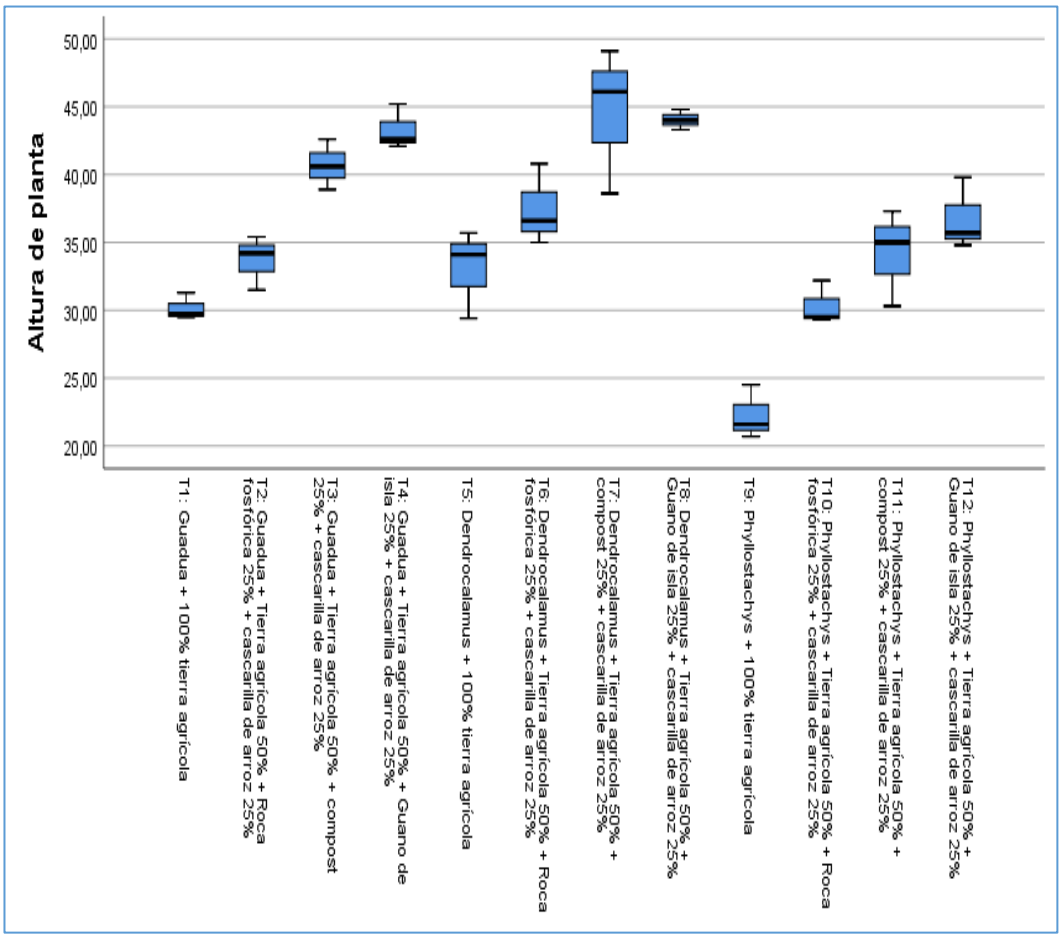
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	30,17	29,50	31,30	0,973	0,987
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	33,70	31,50	35,40	3,990	1,998
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	40,70	38,90	42,60	3,430	1,852
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	43,30	42,10	45,20	2,770	1,664
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	33,07	29,40	35,70	10,723	3,275
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	37,47	35,00	40,80	8,973	2,996
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	44,60	38,60	49,10	29,250	5,408
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	44,03	43,30	44,80	0,563	0,751
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	22,27	20,70	24,50	3,943	1,986
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	30,33	29,30	32,20	2,623	1,620
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	34,20	30,30	37,30	12,730	3,568
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	36,77	34,80	39,80	7,103	2,665

La Tabla 6 presenta un análisis descriptivo de la altura de planta de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T7 registró la mayor altura promedio (44,60 cm), seguido de T8 (44,03 cm) y T4 (43,30 cm), mientras que T9 presentó el valor más bajo (22,27 cm). Esto indica que los tratamientos que incluyen mayores proporciones de compost y guano de isla favorecen un mayor crecimiento en altura de las plantas, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola limitan dicho desarrollo. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T7 (desviación estándar = 5,408) y T11 (desviación estándar = 3,568) muestran mayor variabilidad, lo que indica heterogeneidad en la respuesta de las plantas dentro de estas condiciones, mientras

que T8 (desviación estándar = 0,751) presenta menor variabilidad, evidenciando un crecimiento más uniforme. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T7 alcanzó un máximo de 49,10 cm y T9 un mínimo de 20,70 cm, reflejando un rango amplio de altura entre los tratamientos.

Figura 5

Comportamiento estadístico de la altura de planta bajo diferentes tratamientos



La Figura 5 ilustra el comportamiento estadístico de la altura de planta de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T7 y T8 alcanzaron los valores más altos de crecimiento, con promedios cercanos a los 44 cm, mientras que el tratamiento T9 mostró la altura más baja (≈22,3 cm). Los tratamientos intermedios, como T2, T5 y T10, presentaron valores moderados que oscilaron entre 30 y 34 cm. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la altura a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde

tratamientos como T8 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T7 presentó mayor dispersión.

4.1.1.5 Estadística descriptiva para la variable número de hojas

Tabla 8

Análisis descriptivo para el número de hojas por tratamiento

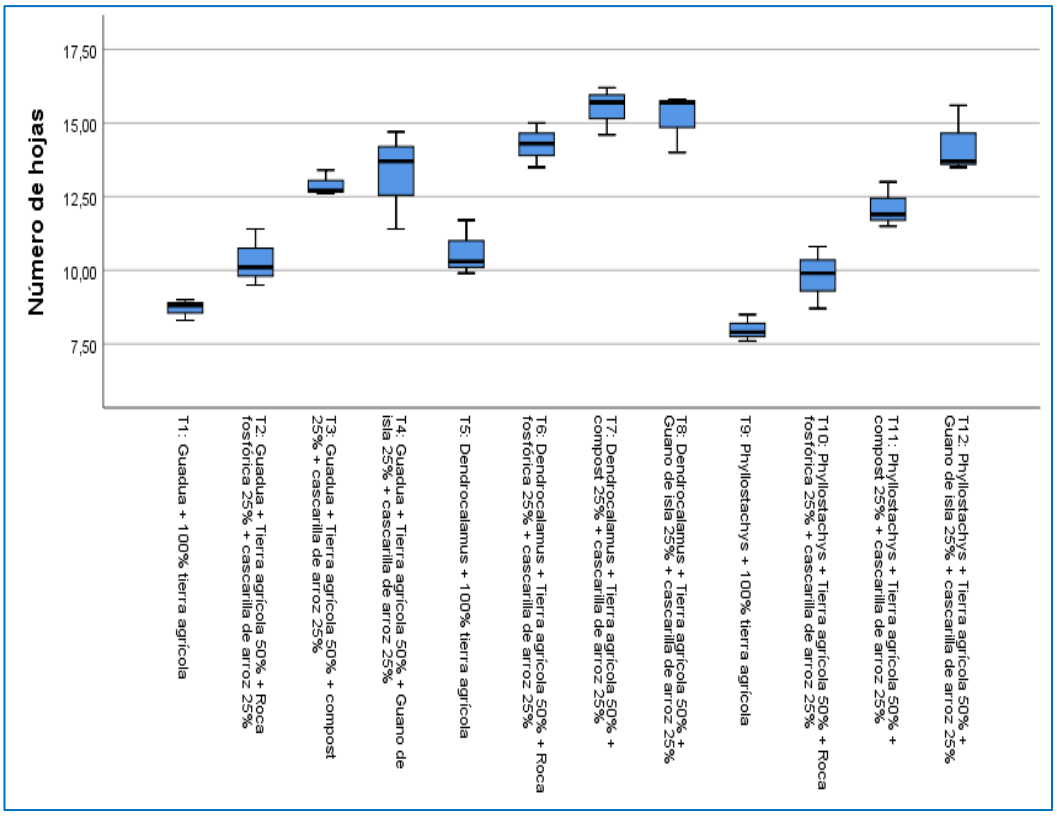
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	8,70	8,30	9,00	0,130	0,361
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	10,33	9,50	11,40	0,943	0,971
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	12,90	12,60	13,40	0,190	0,436
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	13,27	11,40	14,70	2,863	1,692
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	10,63	9,90	11,70	0,893	0,945
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	14,27	13,50	15,00	0,563	0,751
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	15,50	14,60	16,20	0,670	0,819
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	15,17	14,00	15,80	1,023	1,012
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	8,00	7,60	8,50	0,210	0,458
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9,80	8,70	10,80	1,110	1,054
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	12,13	11,50	13,00	0,603	0,777
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	14,27	13,50	15,60	1,343	1,159

La Tabla 7 presenta un análisis descriptivo del número de hojas de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T7 registró la mayor media de hojas (15,50 hojas), seguido de T8 (15,17 hojas) y T6 (14,27 hojas), mientras que T9 presentó el valor más bajo (8,00 hojas). Esto indica que los tratamientos con mayores proporciones de compost y guano de isla favorecen una mayor producción foliar, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola la limitan. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T4 (desviación estándar = 1,692) y T12 (desviación estándar = 1,159) muestran mayor variabilidad, lo que indica heterogeneidad en la respuesta de las plantas dentro de estas condiciones, mientras que T1 (desviación estándar = 0,361) presenta menor variabilidad, evidenciando una producción foliar más uniforme. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T7

alcanzó un máximo de 16,20 hojas y T9 un mínimo de 7,60 hojas, reflejando un rango amplio en el número de hojas entre los tratamientos.

Figura 6

Comportamiento estadístico del número de hojas bajo diferentes tratamientos



La Figura 6 ilustra el comportamiento estadístico del número de hojas de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T7 y T8 alcanzaron los valores más altos, con promedios cercanos a 15,5 y 15,2 hojas, mientras que el tratamiento T9 mostró el valor más bajo (≈8 hojas). Los tratamientos intermedios, como T3, T11 y T5, presentaron valores moderados que oscilaron entre 10 y 13 hojas. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la producción foliar a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T1 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T4 presentó mayor dispersión.

4.1.1.6 Estadística descriptiva para la variable longitud de raíz

La Tabla 8 presenta un análisis descriptivo de la longitud de raíz de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T8 registró la mayor longitud promedio (28,83 cm), seguido de T7 (27,10 cm) y T4 (26,57 cm), mientras que T9 presentó el valor más bajo (16,50 cm). Esto indica que los tratamientos que incluyen mayores proporciones de guano de isla y compost favorecen un mayor desarrollo radicular, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola lo limitan. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T12 (desviación estándar = 2,883) y T7 (desviación estándar = 1,652) muestran mayor variabilidad, lo que indica heterogeneidad en la respuesta de las plantas dentro de estas condiciones, mientras que T5 (desviación estándar = 0,321) presenta menor variabilidad, evidenciando un desarrollo radicular más uniforme. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T8 alcanzó un máximo de 30,60 cm y T9 un mínimo de 14,90 cm, reflejando un rango amplio en la longitud de raíz entre los tratamientos.

Tabla 9

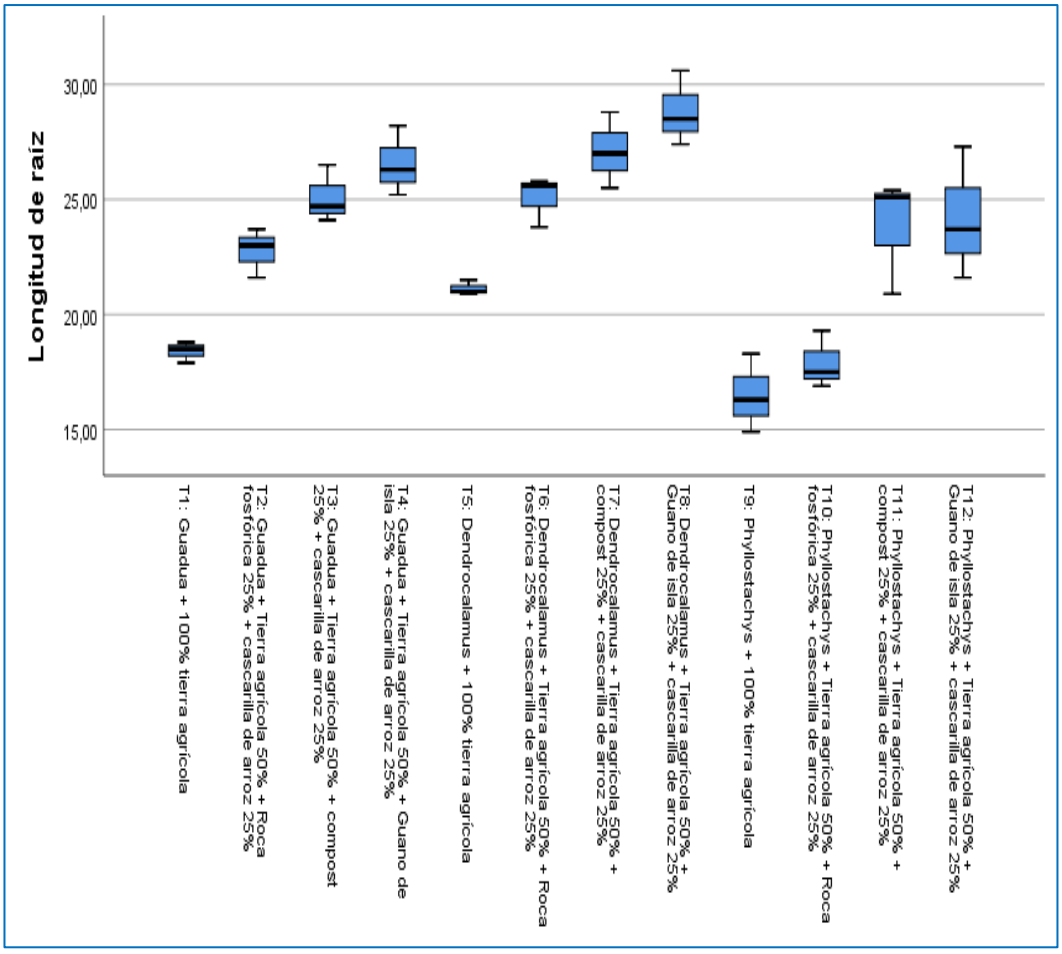
Análisis descriptivo para la longitud de la raíz por tratamiento

Tratamiento	***Media***	***Mínimo***	***Máximo***	***Varianza***	***Desv. Desviación***
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	18,40	17,90	18,80	0,210	0,458
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	22,77	21,60	23,70	1,143	1,069
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	25,10	24,10	26,50	1,560	1,249
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	26,57	25,20	28,20	2,303	1,518
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	21,13	20,90	21,50	0,103	0,321
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	25,07	23,80	25,80	1,213	1,102
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	27,10	25,50	28,80	2,730	1,652
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	28,83	27,40	30,60	2,643	1,626
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	16,50	14,90	18,30	2,920	1,709
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	17,90	16,90	19,30	1,560	1,249
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	23,80	20,90	25,40	6,330	2,516
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	24,20	21,60	27,30	8,310	2,883

La Figura 7 ilustra el comportamiento estadístico de la longitud de raíz de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T8 y T7 alcanzaron los valores más altos de desarrollo radicular, con promedios cercanos a 28,8 y 27,1 cm, mientras que el tratamiento T9 mostró el valor más bajo (≈16,5 cm). Los tratamientos intermedios, como T2, T6 y T11, presentaron valores moderados que oscilaron entre 22 y 25 cm. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la longitud de raíz a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T5 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T12 presentó mayor dispersión.

Figura 7

Comportamiento estadístico de la longitud de raíz bajo diferentes tratamientos



4.1.1.7 Estadística descriptiva para la variable porcentaje de supervivencia

La Tabla 9 presenta un análisis descriptivo del porcentaje de supervivencia de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas de tendencia central, se observa que el tratamiento T8 registró la mayor media de supervivencia (96,37 %), seguido de T12 (93,00 %) y T4 (92,20 %), mientras que T9 presentó el valor más bajo (69,83 %). Esto indica que los tratamientos que incluyen mayores proporciones de guano de isla y abonos orgánicos favorecen un mayor porcentaje de supervivencia de las plantas, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola reducen dicha respuesta. Los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T8 alcanzó un máximo de 98,20 % y T9 un mínimo de 66,90 %, reflejando un rango amplio de supervivencia entre los tratamientos.

Tabla 10

Análisis descriptivo para el porcentaje de supervivencia por tratamiento

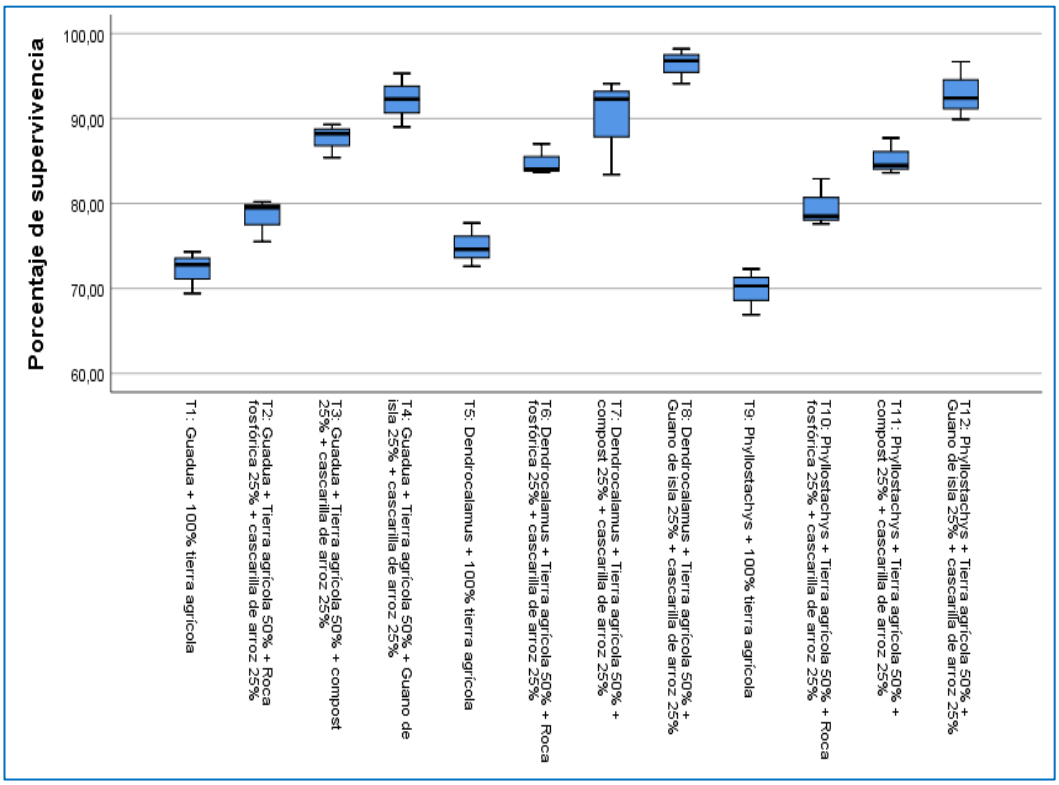
Tratamiento	*Media*	*Mínimo*	*Máximo*	*Varianza*	*Desv. Desviación*
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	72,17	69,40	74,30	6,303	2,511
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	78,40	75,50	80,20	6,430	2,536
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	87,63	85,40	89,30	4,043	2,011
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	92,20	89,00	95,30	9,930	3,151
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	74,97	72,60	77,70	6,603	2,570
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	84,90	83,70	87,00	3,330	1,825
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	89,93	83,40	94,10	32,823	5,729
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	96,37	94,10	98,20	4,343	2,084
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	69,83	66,90	72,30	7,453	2,730
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	79,67	77,60	82,90	8,043	2,836
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	85,27	83,60	87,70	4,643	2,155
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	93,00	89,90	96,70	11,830	3,439

La Figura 8 ilustra el comportamiento estadístico del porcentaje de supervivencia de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T8 y T12 alcanzaron los valores más altos de supervivencia, con porcentajes

promedio cercanos al 96 % y 93 %, mientras que el tratamiento T9 mostró el porcentaje más bajo (≈69,8 %). Los tratamientos intermedios, como T6, T11 y T2, presentaron valores moderados que oscilaron entre 78 % y 85 %. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la supervivencia a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T6 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T7 presentó mayor dispersión.

Figura 8

Comportamiento estadístico del porcentaje de supervivencia bajo diferentes tratamientos



4.1.1.8 Estadística descriptiva para la variable índice morfológico de calidad (ICD)

La Tabla 10 y la Figura 9 presentan un análisis descriptivo del índice morfológico de calidad (ICD) de los patrones de bambú bajo diferentes tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados en vivero. En cuanto a las medidas

de tendencia central, se observa que el tratamiento T8 registró el mayor valor promedio de ICD (0,67), seguido de T7 (0,62) y T4 (0,61), mientras que T9 presentó el valor más bajo (0,29). Esto indica que los tratamientos que incluyen mayores proporciones de guano de isla y compost favorecen una mejor calidad morfológica de las plantas, mientras que los sustratos con 100 % de tierra agrícola producen plantas de menor calidad. Respecto a la dispersión de los datos, los tratamientos T1 (desviación estándar = 0,045) y T3 (desviación estándar = 0,036) muestran mayor variabilidad relativa, lo que indica heterogeneidad en la respuesta de las plantas dentro de estas condiciones, mientras que los valores mínimos y máximos confirman estas diferencias, destacando que T8 alcanzó un máximo de 0,70 y T1 un mínimo de 0,26, reflejando un rango amplio en la calidad morfológica entre los tratamientos.

Tabla 11

Análisis descriptivo para el índice morfológico de calidad por tratamiento

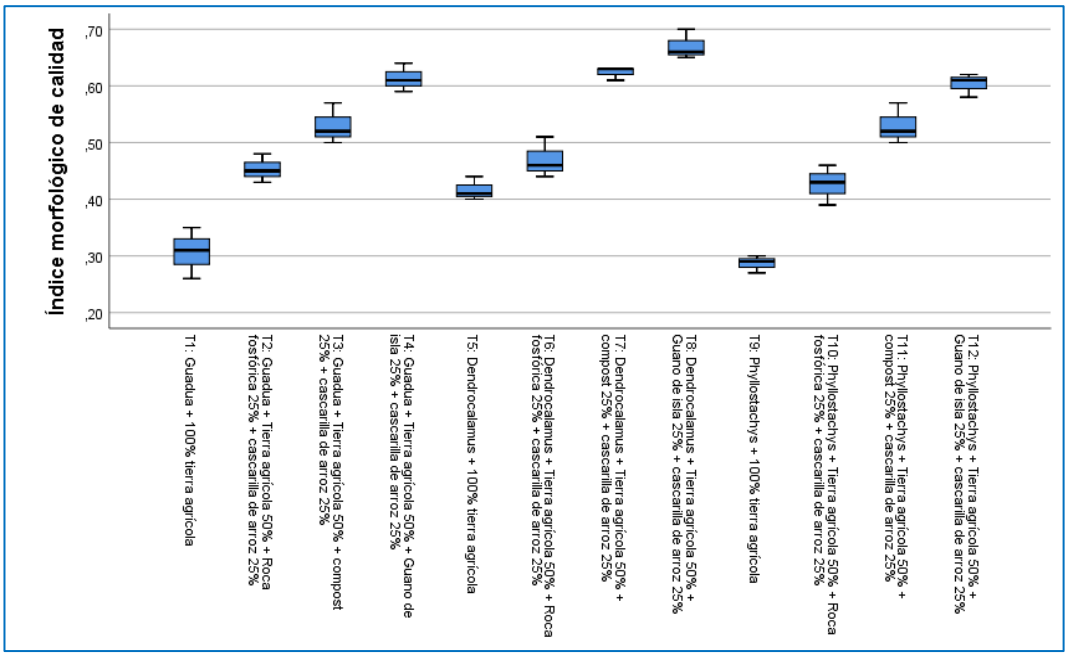
Tratamiento	***Media***	***Mínimo***	***Máximo***	***Varianza***	***Desv. Desviación***
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	0,3067	0,2600	0,3500	0,0020	0,04509
T2: Guadua + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	0,4533	0,4300	0,4800	0,0006	0,02517
T3: Guadua + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	0,5300	0,5000	0,5700	0,0013	0,03606
T4: Guadua + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	0,6133	0,5900	0,6400	0,0006	0,02517
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	0,4167	0,4000	0,4400	0,0004	0,02082
T6: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	0,4700	0,4400	0,5100	0,0013	0,03606
T7: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	0,6233	0,6100	0,6300	0,0001	0,01155
T8: Dendrocalamus + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	0,6700	0,6500	0,7000	0,0007	0,02646
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	0,2867	0,2700	0,3000	0,0002	0,01528
T10: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	0,4267	0,3900	0,4600	0,0012	0,03512
T11: Phyllostachys + T. agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25%	0,5300	0,5000	0,5700	0,0013	0,03606
T12: Phyllostachys + T. agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	0,6033	0,5800	0,6200	0,0004	0,02082

La Figura 9 ilustra el comportamiento estadístico del índice morfológico de calidad (ICD) de los patrones de bambú en vivero bajo los distintos tratamientos de sustrato con abonos orgánicos y fosfatados. La figura evidencia que los tratamientos T8 y T7 alcanzaron los valores más altos de calidad, con promedios cercanos a 0,67 y 0,62, mientras que el tratamiento T9 mostró el valor más bajo (≈0,29). Los

tratamientos intermedios, como T2, T6 y T11, presentaron valores moderados que oscilaron entre 0,45 y 0,53. La representación gráfica permite observar claramente la tendencia ascendente en la calidad morfológica a medida que se incrementa la proporción de enmiendas orgánicas, así como la uniformidad o dispersión de los datos, donde tratamientos como T7 mostraron menor variabilidad y mayor consistencia, mientras que T1 presentó mayor dispersión relativa.

Figura 9

Comportamiento estadístico del índice morfológico de calidad (ICD) bajo diferentes tratamientos



4.1.2 Estadística inferencial

4.1.2.1 Estadística inferencial para días de emergencia

4.1.2.1.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la emergencia

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

La Tabla 11 presenta los resultados del contraste de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a el número de días transcurridos hasta la emergencia de las plántulas en cada uno de los doce tratamientos evaluados, conformados por la combinación de tres especies de bambú (*Guadua*, *Dendrocalamus* y *Phyllostachys*) con cuatro tipos de sustrato. Los resultados muestran que todos los tratamientos presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05. El valor de significancia más bajo correspondió al tratamiento T3 (p = ,114), el cual aun así supera el umbral de 0,05. Según el criterio de la prueba, cuando p > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que significa que los datos de número de días transcurridos hasta la emergencia de las plántulas se ajustan a una distribución normal en los distintos tratamientos. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 12

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la emergencia

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,807	3	,132
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,889	3	,350
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,800	3	,114
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,952	3	,578
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,824	3	,174
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,812	3	,144
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,987	3	,780
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,888	3	,348
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,885	3	,339
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,855	3	,253

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

4.1.2.1.2 *Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la emergencia*

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 13

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la emergencia

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,704	11	24	,133
Se basa en la mediana	,261	11	24	,988
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,261	11	15,871	,986
Se basa en la media recortada	1,496	11	24	,197

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

La Tabla 12 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a el número de días transcurridos hasta la emergencia de las plántulas. Los resultados muestran que los métodos empleados para calcular el estadístico de Levene presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05: basado en la media (p = ,133), basado en la mediana (p = ,988), basado en la mediana con gl ajustados (p = ,986) y basado en la media recortada (p = ,197). En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que respalda la aplicación de análisis paramétricos para comparar los efectos de las especies de bambú y los tipos de sustrato sobre esta variable.

4.1.2.1.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la emergencia

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la emergencia

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	125,154	2	62,577	41,260	,000
Sustrato	174,343	3	58,114	38,317	,000
Especie * Sustrato	13,239	6	2,207	1,455	,236
Error	36,400	24	1,517		
Total, corregido	14363,750	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). R^2 = ,896 (R^2 ajustada = ,848).

La Tabla 13 presenta los resultados del ANOVA factorial para el número de días hasta la emergencia de las plántulas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 41,260$; $p < 0,001$), indicando que las especies de bambú difieren en el tiempo de emergencia. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 38,317$; $p < 0,001$), evidenciando su influencia sobre esta variable. En contraste, la interacción Especie × Sustrato no fue significativa ($F = 1,455$; $p = 0,236$), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente.

Tabla 15

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para días a la emergencia

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
Dendrocalamus	12	*17,5333*		
Guadua	12		*19,5667*	
Phyllostachys	12			*22,0917*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 1,517. Alfa = 0,05.

La Tabla 14 presenta la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie en el número de días hasta la emergencia de las plántulas. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las especies, destacando *Dendrocalamus* con el menor tiempo de emergencia (17,53 días), seguido de *Guadua* (19,57 días) y *Phyllostachys* (22,09 días). Estos resultados indican que la especie de bambú influye significativamente en la velocidad de emergencia de las plántulas.

Tabla 16

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para días a la emergencia

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9	*17,2222*		
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9	*18,1444*		
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*20,7333*	
100% tierra agrícola	9			*22,8222*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 1,517. Alfa = 0,05.

La Tabla 15 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto el número de días transcurridos hasta la emergencia de las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el menor valor con un promedio de 17,2222 días, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que promovió la emergencia más temprana en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (17,2222); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (18,1444); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (20,7333); 100% tierra agrícola (22,8222). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

4.1.2.2 Estadística inferencial para el número de brotes emitidos

4.1.2.2.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para número de brotes emitidos

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

La Tabla 16 presenta los resultados del contraste de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a el número de brotes emitidos por las plántulas en cada uno de los doce tratamientos evaluados, conformados por la combinación de tres especies de bambú (*Guadua*, *Dendrocalamus* y *Phyllostachys*) con cuatro tipos de sustrato. Los resultados muestran que todos los tratamientos presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05. El valor de significancia más bajo correspondió al tratamiento T5 (p = ,253), el cual aun así supera el umbral de 0,05. Según el criterio de la prueba, cuando p > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que significa que los datos de número de brotes emitidos por las plántulas se ajustan a una distribución normal en los distintos tratamientos. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 17

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para número de brotes emitidos

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,987	3	,780
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,990	3	,806
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,893	3	,363
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,855	3	,253
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,976	3	,702
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,893	3	,363

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

4.1.2.2.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de brotes emitidos

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 18

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de brotes emitidos

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2,251	11	24	,047
Se basa en la mediana	1,140	11	24	,376
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,140	11	10,005	,422
Se basa en la media recortada	2,170	11	24	,055

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

4.1.2.2.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de brotes emitidos

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de brotes emitidos

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	3,937	2	1,969	8,948	,001
Sustrato	19,553	3	6,518	29,626	,000
Especie * Sustrato	1,965	6	,328	1,489	,224
Error	5,280	24	,220		
Total, corregido	474,540	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). $R^2 = ,828$ (R^2 ajustada = ,749).

La Tabla 18 presenta los resultados del ANOVA factorial para el número de brotes emitidos por las plántulas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 8,948$; $p = 0,001$), indicando que las especies de bambú difieren en la emisión de brotes. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 29,626$; $p < 0,001$), evidenciando una influencia determinante sobre esta variable. En contraste, la interacción Especie × Sustrato no fue significativa ($F = 1,489$; $p = 0,224$), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente.

Tabla 20

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para número de brotes emitidos

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2
Phyllostachys	12	*3,0917*	
Guadua	12	*3,5417*	*3,5417*
Dendrocalamus	12		*3,9000*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,220. Alfa = 0,05.

La Tabla 19 presenta la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie respecto al número de brotes emitidos por las plántulas. Los resultados muestran que algunas especies comparten subconjuntos homogéneos, mientras que otras se diferencian estadísticamente. La especie *Dendrocalamus* registró el mayor valor con un promedio de 3,9000 brotes, ubicándose en un subconjunto independiente, lo que la posiciona como la especie con mayor número de brotes emitidos entre las evaluadas. Las medias observadas para las especies, en orden, fueron: *Phyllostachys* (3,0917); *Guadua* (3,5417); *Dendrocalamus* (3,9000). Estos resultados confirman que la elección de la especie de bambú constituye un factor determinante en el comportamiento de esta variable bajo condiciones de vivero.

La Tabla 20 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Sustrato respecto al número de brotes emitidos por las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de 4,3667 brotes, ubicándose

en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que indujo la mayor emisión de brotes en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (2,4000); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (3,3444); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (3,9333); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (4,3667). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

Tabla 21

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para número de brotes emitidos

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
100% tierra agrícola	9	*2,4000*		
T. agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*3,3444*	
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9		*3,9333*	*3,9333*
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9			*4,3667*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,220. Alfa = 0,05.

4.1.2.3 Estadística inferencial para días a la aparición de hojas

4.1.2.3.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la aparición de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

La Tabla 21 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para el número de días hasta la aparición de las primeras hojas en los doce

tratamientos evaluados. Todos los tratamientos mostraron valores de significancia superiores a 0,05, siendo el menor el del tratamiento T5 (p = 0,183). Estos resultados indican que los datos se ajustan a una distribución normal, por lo que se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 22

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para días a la aparición de hojas

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,991	3	,817
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,992	3	,826
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,993	3	,843
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,997	3	,890
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,828	3	,183
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,912	3	,424
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	1,000	3	,959
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,990	3	,811
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,980	3	,726
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,855	3	,253
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,947	3	,554
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,940	3	,527

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

4.1.2.3.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la aparición de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

La Tabla 22 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el número de días hasta la aparición de las primeras hojas. Todos los métodos evaluados mostraron valores de significancia mayores a 0,05 (p

> 0,05), indicando que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que valida la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la especie de bambú y el tipo de sustrato sobre esta variable.

Tabla 23

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para días a la aparición de hojas

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,576	11	24	,829
Se basa en la mediana	,261	11	24	,988
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,261	11	18,748	,987
Se basa en la media recortada	,551	11	24	,848

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

4.1.2.3.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la aparición de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

La Tabla 23 presenta los resultados del ANOVA factorial para el número de días transcurridos hasta la aparición de las primeras hojas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 77,876$; $p < 0,001$), indicando que las especies de bambú difieren en el tiempo de aparición de las primeras hojas. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 39,663$; $p < 0,001$), evidenciando una influencia determinante sobre esta variable. La interacción Especie × Sustrato también fue significativa ($F = 2,607$; $p = 0,043$), lo que indica que el efecto del sustrato depende de la especie de bambú evaluada. El modelo explicó el 92,4 % de la variabilidad de esta variable ($R^2 = 0,924$; R^2 ajustado = 0,889). Debido a la significancia de los factores y de su interacción, se aplicó la

prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar las diferencias entre los niveles evaluados.

Tabla 24

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para días a la aparición de hojas

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	250,502	2	125,251	77,876	,000
Sustrato	191,372	3	63,791	39,663	,000
Especie * Sustrato	25,156	6	4,193	2,607	,043
Error	38,600	24	1,608		
Total, corregido	32797,720	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). R^2 = ,924 (R^2 ajustada = ,889).

La Tabla 24 presenta la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie respecto al número de días transcurridos hasta la aparición de las primeras hojas. Los resultados evidencian que las tres especies se ubican en subconjuntos homogéneos distintos, lo que indica que difieren significativamente entre sí. La especie *Dendrocalamus* registró el menor valor con un promedio de 26,5833 días, ubicándose en un subconjunto independiente, lo que la posiciona como la especie con menor número de días, es decir, la aparición más temprana de hojas entre las evaluadas. Las medias observadas para las especies, en orden, fueron: *Dendrocalamus* (26,5833); *Guadua* (30,2417); *Phyllostachys* (33,0250). Estos resultados confirman que la elección de la especie de bambú constituye un factor determinante en el comportamiento de esta variable bajo condiciones de vivero.

Tabla 25

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para días a la aparición de hojas

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
Dendrocalamus	12	*26,5833*		
Guadua	12		*30,2417*	
Phyllostachys	12			*33,0250*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 1,608. Alfa = 0,05.

La Tabla 25 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto al número de días transcurridos hasta la aparición de las primeras hojas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el menor valor con un promedio de 27,6111 días, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que favoreció la aparición más temprana de hojas en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (27,6111); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (27,9667); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (30,9889); 100% tierra agrícola (33,2333). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

Tabla 26

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para días a la aparición de hojas

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9	*27,6111*		
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9	*27,9667*		
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*30,9889*	
100% tierra agrícola	9			*33,2333*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 1,608. Alfa = 0,05.

4.1.2.4 Estadística inferencial para la altura de planta (cm)

4.1.2.4.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para altura de planta (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: α = 0,05

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

La Tabla 26 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para la altura de planta de las plántulas en los doce tratamientos evaluados. Todos los tratamientos registraron valores de significancia superiores a 0,05, siendo el menor el correspondiente al tratamiento T10 (p = 0,118). Estos resultados indican que los datos se ajustan a una distribución normal, por lo que se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 27

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para altura de planta (cm)

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,832	3	,194
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,953	3	,583
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,998	3	,911
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,867	3	,288
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,925	3	,471
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,937	3	,516
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,942	3	,537
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,999	3	,927
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,915	3	,437
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,801	3	,118
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,962	3	,627
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,880	3	,324

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

4.1.2.4.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para altura de planta (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 28

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para altura de planta (cm)

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2,102	11	24	,062
Se basa en la mediana	,563	11	24	,839
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,563	11	12,355	,825
Se basa en la media recortada	1,939	11	24	,085

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

La Tabla 27 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la altura de planta de las plántulas. Todos los métodos evaluados presentaron valores de significancia mayores a 0,05 ($p > 0,05$), indicando que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que valida la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la especie de bambú y el tipo de sustrato sobre esta variable.

4.1.2.4.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para altura de planta (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

Tabla 29

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para altura de planta (cm)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	496,385	2	248,193	34,205	,000
Sustrato	939,470	3	313,157	43,158	,000
Especie * Sustrato	29,128	6	4,855	,669	,675
Error	174,147	24	7,256		
Total, corregido	47993,220	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). $R^2 = ,894$ (R^2 ajustada = ,845).

La Tabla 28 presenta los resultados del ANOVA factorial para la altura de planta de las plántulas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 34,205$; $p < 0,001$), indicando que las especies de bambú difieren en la altura alcanzada. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 43,158$; $p < 0,001$), evidenciando una influencia determinante sobre esta variable. En contraste, la interacción Especie × Sustrato no fue significativa ($F = 0,669$; $p = 0,675$), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente. El modelo explicó el 89,4 % de la variabilidad de la altura de planta ($R^2 = 0,894$; R^2 ajustado = 0,845). Debido a la significancia de los factores principales, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar las diferencias entre sus niveles.

Tabla 30

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para altura de planta (cm)

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
Phyllostachys	12	*30,8917*		
Guadua	12		*36,9667*	
Dendrocalamus	12			*39,7917*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 7,256. Alfa = 0,05.

La Tabla 29 presenta la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie respecto a la altura de planta alcanzada por las plántulas. Los resultados evidencian que las tres especies se ubican en subconjuntos homogéneos distintos, lo que indica que difieren significativamente entre sí. La especie *Dendrocalamus* registró el mayor valor con un promedio de 39,7917 cm, ubicándose en un subconjunto independiente, lo que la posiciona como la especie con mayor altura de planta entre las evaluadas. Las medias observadas para las especies, en orden, fueron: *Phyllostachys* (30,8917); *Guadua* (36,9667); *Dendrocalamu*s (39,7917). Estos resultados confirman que la elección de la especie de bambú constituye un factor determinante en el comportamiento de esta variable bajo condiciones de vivero.

La Tabla 30 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Sustrato respecto a la altura de planta alcanzada por las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de

sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de 41,3667 cm, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que produjo la mayor altura de planta en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (28,5000); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (33,8333); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (39,8333); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (41,3667). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

Tabla 31

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para altura de planta (cm)

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
100% tierra agrícola	9	*28,5000*		
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*33,8333*	
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9			*39,8333*
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9			*41,3667*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 7,256. Alfa = 0,05.

4.1.2.5 Estadística inferencial para número de hojas

4.1.2.5.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para número de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

La Tabla 31 presenta los resultados del contraste de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a el número de hojas por plántula en cada uno de los doce tratamientos evaluados, conformados por la combinación de tres especies de bambú (Guadua, Dendrocalamus y Phyllostachys) con cuatro tipos de sustrato. Los resultados muestran que todos los tratamientos presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05. El valor de significancia más bajo correspondió al tratamiento T8 (p = ,094), el cual aun así supera el umbral de 0,05. Según el criterio de la prueba, cuando p > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que significa que los datos de número de hojas por plántula se ajustan a una distribución normal en los distintos tratamientos. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 32

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para número de hojas

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,942	3	,537
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,957	3	,600
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,842	3	,220
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,951	3	,573
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,907	3	,407
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,999	3	,927
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,955	3	,593
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,792	3	,094
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,964	3	,637
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,993	3	,843
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,932	3	,497
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,821	3	,165

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

4.1.2.5.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 33

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para número de hojas

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,380	11	24	,244
Se basa en la mediana	,345	11	24	,965
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,345	11	14,306	,959
Se basa en la media recortada	1,269	11	24	,299

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

La Tabla 32 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el número de hojas por plántula. Todos los métodos evaluados mostraron valores de significancia mayores a 0,05 ($p > 0,05$), indicando que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que valida la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la especie de bambú y el tipo de sustrato sobre esta variable.

4.1.2.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de hojas

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

La Tabla 33 presenta el ANOVA factorial para el número de hojas por plántula. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 33,813$; $p < 0,001$), indicando que las especies de bambú difieren en el número de hojas producidas. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 54,206$; $p < 0,001$), evidenciando una influencia determinante sobre esta variable. En contraste, la interacción Especie × Sustrato no fue significativa ($F =$

2,192; p = 0,079), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente. El modelo explicó el 91,0 % de la variabilidad del número de hojas por plántula (R^2 = 0,910; R^2 ajustado = 0,869). Debido a la significancia de los factores principales, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre sus niveles.

Tabla 34

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para número de hojas

Origen	Suma de cuadrados (Tipo III)	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	59,417	2	29,709	33,813	,000
Sustrato	142,879	3	47,626	54,206	,000
Especie * Sustrato	11,554	6	1,926	2,192	,079
Error	21,087	24	,879		
Total, corregido	5488,770	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). R^2 = ,910 (R^2 ajustada = ,869).

Tabla 35

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para número de hojas

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2
Phyllostachys	12	*11,0500*	
Guadua	12	*11,3000*	
Dendrocalamus	12		*13,8917*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,879. Alfa = 0,05.

La Tabla 34 presenta la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie respecto al número de hojas por plántula. Los resultados muestran que algunas especies comparten subconjuntos homogéneos, mientras que otras se diferencian estadísticamente. La especie Dendrocalamus registró el mayor valor con un promedio de 13,8917 hojas, ubicándose en un subconjunto independiente, lo que la posiciona como la especie con mayor número de hojas entre las evaluadas. Las medias observadas para las especies, en orden, fueron: Phyllostachys (11,0500); Guadua (11,3000); Dendrocalamus (13,8917). Estos resultados confirman que la elección de la especie de bambú constituye un factor determinante en el comportamiento de esta variable bajo condiciones de vivero.

Tabla 36

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para número de hojas

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
100% tierra agrícola	9	*9,1111*		
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*11,4667*	
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9			*13,5111*
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9			*14,2333*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,879. Alfa = 0,05.

La Tabla 35 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto al número de hojas por plántula. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de 14,2333 hojas, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que generó el mayor número de hojas en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (9,1111); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (11,4667); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (13,5111); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (14,2333).

4.1.2.6 Estadística inferencial para longitud de raíz (cm)

4.1.2.6.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para longitud de raíz (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

Tabla 37

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para longitud de raíz (cm)

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,964	3	,637
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,964	3	,637
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,977	3	,708
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,871	3	,298
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,824	3	,174
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,997	3	,900
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,968	3	,659
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,990	3	,806
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,800	3	,114
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,977	3	,712

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

La Tabla 36 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para la longitud de raíz de las plántulas en los doce tratamientos evaluados. Todos los tratamientos mostraron valores de significancia mayores a 0,05, confirmando que los datos se ajustan a una distribución normal. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

4.1.2.6.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para longitud de raíz (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

La Tabla 37 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a la longitud de raíz alcanzada por las plántulas. Esta

prueba permite determinar si las varianzas entre los tratamientos son homogéneas, requisito fundamental para la aplicación de análisis estadísticos paramétricos como el ANOVA. Los resultados muestran que los métodos empleados para calcular el estadístico de Levene presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05: basado en la media (p = ,143), basado en la mediana (p = ,886), basado en la mediana con gl ajustados (p = ,868) y basado en la media recortada (p = ,176). Según el criterio de la prueba, cuando p > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, lo que indica que las varianzas de longitud de raíz alcanzada por las plántulas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que respalda la aplicación de análisis paramétricos para comparar los efectos de las especies de bambú y los tipos de sustrato sobre esta variable.

Tabla 38

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para longitud de raíz (cm)

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,666	11	24	,143
Se basa en la mediana	,498	11	24	,886
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,498	11	10,868	,868
Se basa en la media recortada	1,555	11	24	,176

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

4.1.2.6.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para longitud de raíz (cm)

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

La Tabla 38 presenta los resultados del ANOVA factorial para la longitud de raíz de las plántulas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie (F = 28,270; p < 0,001), indicando que las especies de bambú difieren en

la longitud de raíz alcanzada. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 43,794$; $p < 0,001$), evidenciando una influencia determinante sobre esta variable. En contraste, la interacción Especie × Sustrato no fue significativa ($F = 0,998$; $p = 0,449$), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente. El modelo explicó el 89,0 % de la variabilidad de la longitud de raíz ($R^2 = 0,890$; R^2 ajustado = 0,839). Debido a la significancia de los factores principales, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar las diferencias entre sus niveles.

Tabla 39

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para longitud de raíz (cm)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	146,187	2	73,094	28,270	,000
Sustrato	339,699	3	113,233	43,794	,000
Especie * Sustrato	15,484	6	2,581	,998	,449
Error	62,053	24	2,586		
Total, corregido	19796,490	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). $R^2 = ,890$ (R^2 ajustada = ,839).

La Tabla 39 presenta la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0,05$) para el factor Especie en la longitud de raíz de las plántulas. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las especies, destacando Dendrocalamus con la mayor longitud de raíz (25,53 cm), seguido de Guadua (23,21 cm) y Phyllostachys (20,60 cm). Estos resultados indican que la especie de bambú influye significativamente en la longitud de raíz de las plántulas.

Tabla 40

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para longitud de raíz (cm)

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
Phyllostachys	12	*20,6000*		
Guadua	12		*23,2083*	
Dendrocalamus	12			*25,5333*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 2,586. Alfa = 0,05.

Tabla 41

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para longitud de raíz (cm)

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3
100% tierra agrícola	9	*18,6778*		
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*21,9111*	
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9			*25,3333*
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9			*26,5333*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 2,586. Alfa = 0,05.

La Tabla 40 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto a la longitud de raíz alcanzada por las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de 26,5333 cm, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que promovió la mayor longitud de raíz en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (18,6778); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (21,9111); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (25,3333); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (26,5333).

4.1.2.7 Estadistica inferencial para porcentaje de supervivencia (%)

4.1.2.7.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para porcentaje de supervivencia (%)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

Tabla 42

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para porcentaje de supervivencia (%)

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,952	3	,579
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,859	3	,264
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,940	3	,529
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,999	3	,948
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,985	3	,763
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,818	3	,157
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,872	3	,301
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,968	3	,654
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,978	3	,716
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,873	3	,304
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,905	3	,402
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,977	3	,710

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

La Tabla 41 presenta los resultados del contraste de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a el porcentaje de supervivencia de las plántulas en cada uno de los doce tratamientos evaluados, conformados por la combinación de tres especies de bambú (*Guadua*, *Dendrocalamus* y *Phyllostachys*) con cuatro tipos de sustrato. Los resultados muestran que todos los tratamientos presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05. El valor de significancia más bajo correspondió al tratamiento T6 (p = ,157), el cual aun así supera el umbral de 0,05. Según el criterio de la prueba, cuando $p > 0,05$ no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que significa que los datos de porcentaje de supervivencia de las plántulas se ajustan a una distribución normal en los distintos tratamientos. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA).

4.1.2.7.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para porcentaje de supervivencia (%)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 43

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para porcentaje de supervivencia

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,157	11	24	,365
Se basa en la mediana	,263	11	24	,987
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,263	11	10,754	,982
Se basa en la media recortada	1,059	11	24	,431

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

La Tabla 42 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el porcentaje de supervivencia de las plántulas. Todos los métodos evaluados mostraron valores de significancia mayores a 0,05 ($p > 0,05$), indicando que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que valida la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la especie de bambú y el tipo de sustrato sobre esta variable.

4.1.2.7.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para porcentaje de supervivencia (%)

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

La Tabla 43 presenta los resultados del ANOVA factorial para el porcentaje de supervivencia de las plántulas. Se observaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 8,425$; $p = 0,002$), indicando que las especies de bambú difieren en su porcentaje de supervivencia. Asimismo, el factor Sustrato mostró un efecto

altamente significativo (F = 86,867; p < 0,001), evidenciando una influencia determinante del tipo de sustrato sobre esta variable. En la interacción Especie × Sustrato no se observaron diferencias significativas (F = 0,461; p = 0,830), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre el porcentaje de supervivencia de las plántulas. El modelo explicó el 92,1 % de la variabilidad de esta variable (R^2 = 0,921; R^2 ajustado = 0,885). Dado que los factores principales resultaron significativos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar las diferencias entre sus niveles.

Tabla 44

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para porcentaje de supervivencia (%)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	148,521	2	74,260	8,425	,002
Sustrato	2297,123	3	765,708	86,867	,000
Especie * Sustrato	24,362	6	4,060	,461	,830
Error	211,553	24	8,815		
Total, corregido	254852,920	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). R^2 = ,921 (R^2 ajustada = ,885).

La Tabla 44 presenta la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Especie en el porcentaje de supervivencia de las plántulas. Los resultados evidencian diferencias significativas entre especies, destacando Dendrocalamus con el mayor promedio de supervivencia (86,54 %), seguido de Guadua (82,60 %) y Phyllostachys (81,94 %). Estos resultados indican que la especie de bambú influye significativamente en el porcentaje de supervivencia de las plántulas.

Tabla 45

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para porcentaje de supervivencia

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2
Phyllostachys	12	*81,9417*	
Guadua	12	*82,6000*	
Dendrocalamus	12		*86,5417*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 8,815. Alfa = 0,05.

La Tabla 45 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto a el porcentaje de supervivencia de las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de 93,8556 %, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que alcanzó el mayor porcentaje de supervivencia en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (72,3222); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (80,9889); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (87,6111); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (93,8556). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

Tabla 46

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para porcentaje de supervivencia

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3	Subc. 4
100% tierra agrícola	9	*72,3222*			
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*80,9889*		
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9			*87,6111*	
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9				*93,8556*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = 8,815. Alfa = 0,05.

4.1.2.8 Estadistica inferencial para índice morfológico de calidad (ICD)

4.1.2.8.1 Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para índice morfológico de calidad (ICD)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Los datos siguen una distribución normal.

H_1: Los datos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (los datos provienen de una distribución normal).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (los datos no provienen de una distribución normal).

Tabla 47

Contraste de normalidad de Shapiro–Wilk para índice morfológico de calidad (icd)

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig. (p)
T1: Guadua + 100% tierra agrícola	,996	3	,878
T2: Guadua + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,987	3	,780
T3: Guadua + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,942	3	,537
T4: Guadua + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,987	3	,780
T5: Dendrocalamus + 100% tierra agrícola	,923	3	,463
T6: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,942	3	,537
T7: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,750	3	,000
T8: Dendrocalamus + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,893	3	,363
T9: Phyllostachys + 100% tierra agrícola	,964	3	,637
T10: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	,993	3	,843
T11: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	,942	3	,537
T12: Phyllostachys + T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	,923	3	,463

Nota. gl = grados de libertad; Sig. = valor de probabilidad (p). Corrección de significación de Lilliefors.

La Tabla 46 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas en los doce tratamientos evaluados. La mayoría de los tratamientos mostró valores de significancia mayores a 0,05, excepto el tratamiento T7. Sin embargo, considerando que el ANOVA es robusto frente a desviaciones moderadas de la normalidad cuando los tamaños de muestra son iguales, se procedió con el análisis paramétrico. En consecuencia, se considera que se cumple el supuesto de normalidad requerido para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

4.1.2.8.2 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para índice morfológico de calidad (ICD)

Planteamiento de hipótesis

H_0: Las varianzas son iguales entre los grupos (homocedasticidad).

H_1: Al menos una varianza es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0 (se asume homogeneidad de varianzas).

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (no hay homogeneidad de varianzas).

Tabla 48

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para índice morfológico de calidad (ICD)

Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,771	11	24	,664
Se basa en la mediana	,353	11	24	,963
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,353	11	18,551	,960
Se basa en la media recortada	,738	11	24	,694

Nota. gl1 y gl2 = grados de libertad del numerador y denominador; Sig. = valor de probabilidad (p).

La Tabla 47 presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas. Esta prueba permite determinar si las varianzas entre los tratamientos son homogéneas, requisito fundamental para la aplicación de análisis estadísticos paramétricos como el ANOVA. Los resultados muestran que los métodos empleados para calcular el estadístico de Levene presentan valores de significancia (p) mayores a 0,05: basado en la media (p = ,664), basado en la mediana (p = ,963), basado en la mediana con gl ajustados (p = ,960) y basado en la media recortada (p = ,694). Según el criterio de la prueba, cuando p > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, lo que indica que las varianzas de índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas entre los tratamientos son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homocedasticidad, lo que respalda la aplicación de análisis paramétricos para comparar los efectos de las especies de bambú y los tipos de sustrato sobre esta variable.

4.1.2.8.3 Análisis de varianza (ANOVA) factorial para índice morfológico de calidad (icd)

Planteamiento de hipótesis

H_0: No existen diferencias significativas entre los niveles del factor evaluado.

H_1: Al menos un nivel del factor difiere significativamente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Regla de decisión

Si $p > 0,05 \rightarrow$ No se rechaza H_0.

Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ Se rechaza H_0 (existen diferencias significativas).

Tabla 49

Análisis de varianza (ANOVA) factorial para índice morfológico de calidad (icd)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especie	,048	2	,024	27,617	,000
Sustrato	,444	3	,148	171,510	,000
Especie * Sustrato	,010	6	,002	1,877	,126
Error	,021	24	,001		
Total, corregido	9,314	36			

Nota. gl = grados de libertad; F = estadístico de Fisher; Sig. = valor de probabilidad (p). R^2 = ,960 (R^2 ajustada = ,942).

La Tabla 48 muestra el análisis de varianza (ANOVA) factorial realizada para evaluar el efecto de la especie de bambú (Factor A), el tipo de sustrato (Factor B) y su interacción sobre el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas. Los resultados indican que el factor Especie presentó diferencias estadísticamente significativas ($F = 27,617$; $p = ,000$), debido a que el valor de significancia es menor que el nivel establecido ($\alpha = 0,05$). Esto evidencia que las especies de bambú evaluadas responden de manera distinta en índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas. De igual forma, el factor Sustrato mostró un efecto altamente significativo ($F = 171,510$; $p = ,000$), lo que demuestra que los diferentes tipos de sustrato influyen de manera determinante sobre esta variable. La interacción Especie × Sustrato no presentó un efecto significativo sobre el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas ($F = 1,877$; $p = 0,126$), lo que indica que ambos factores actúan de forma independiente. El modelo explicó el 96,0 % de la variabilidad del ICD ($R^2 = 0,960$; R^2 ajustado = 0,942). Debido a que los factores principales fueron significativos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar las diferencias entre sus niveles.

Tabla 50

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por especie para índice morfológico de calidad (icd)

Especie	N	Subc. 1	Subc. 2
Phyllostachys	12	*,4617*	
Guadua	12	*,4758*	
Dendrocalamus	12		*,5450*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,001. Alfa = 0,05.

La Tabla 49 presenta la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Especie respecto a el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas. Los resultados muestran que algunas especies comparten subconjuntos homogéneos, mientras que otras se diferencian estadísticamente. La especie *Dendrocalamus* registró el mayor valor con un promedio de ,5450 ICD, ubicándose en un subconjunto independiente, lo que la posiciona como la especie con mayor índice morfológico de calidad entre las evaluadas. Las medias observadas para las especies, en orden, fueron: *Phyllostachys* (,4617); Guadua (,4758); *Dendrocalamus* (,5450). Estos resultados confirman que la elección de la especie de bambú constituye un factor determinante en el comportamiento de esta variable bajo condiciones de vivero.

Tabla 51

Comparación múltiple de Tukey (HSD) por sustrato para índice morfológico de calidad (icd)

Sustrato	N	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3	Subc. 4
100% tierra agrícola	9	*,3367*			
T. agrícola. 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25%	9		*,4500*		
T. agrícola. 50% + compost 25% + cascarilla 25%	9			*,5611*	
T. agrícola. 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25%	9				*,6289*

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Término de error = media cuadrática (Error) = ,001. Alfa = 0,05.

La Tabla 50 muestra la comparación múltiple de medias de Tukey (HSD, α = 0,05) para el factor Sustrato respecto a el índice morfológico de calidad (ICD) de las plántulas. Los resultados evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato evaluados, distribuyéndose en distintos subconjuntos homogéneos. El

sustrato compuesto por Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla de arroz 25% registró el mayor valor con un promedio de ,6289 ICD, ubicándose en el subconjunto superior y diferenciándose estadísticamente del resto, por lo que se considera el tratamiento de sustrato que produjo el mayor índice morfológico de calidad en condiciones de vivero. En contraste, el sustrato 100% tierra agrícola presentó el comportamiento más bajo, ubicándose en el subconjunto inferior. Las medias por sustrato, en orden, fueron: 100% tierra agrícola (,3367); Tierra agrícola 50% + Roca fosfórica 25% + cascarilla 25% (,4500); Tierra agrícola 50% + compost 25% + cascarilla 25% (,5611); Tierra agrícola 50% + Guano de isla 25% + cascarilla 25% (,6289). Estos hallazgos demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas y minerales al sustrato base mejora significativamente el desempeño de esta variable respecto al uso exclusivo de tierra agrícola.

4.2 Discusiones

4.2.1 Días a la emergencia

Respecto al tiempo de emergencia, el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas para el factor Especie ($F = 41{,}260$; $p < 0{,}001$) y para el factor Sustrato ($F = 38{,}317$; $p < 0{,}001$), sin interacción significativa entre ambos ($p = 0{,}236$). La prueba de Tukey ubicó a *Dendrocalamus asper* como la especie de emergencia más temprana (17,53 días), seguida de *Guadua angustifolia* (19,57 días) y *Phyllostachys* aurea (22,09 días). En cuanto al sustrato, la mezcla de tierra agrícola 50 % + guano de isla 25 % + cascarilla de arroz 25 % promovió la emergencia más precoz (17,22 días), diferenciándose estadísticamente del testigo de 100 % tierra agrícola, que registró el tiempo más prolongado (22,82 días).

Estos resultados coinciden con la tendencia observada por Cruz (2024), quien determinó que la mezcla de tierra agrícola 50 % + compost 30 % + pajilla de arroz carbonizada 20 % (T1) constituyó el sustrato más eficaz para el prendimiento de chusquines de *Guadua angustifolia*, con un 38 % de supervivencia frente a los demás tratamientos evaluados en Tabaconas, San Ignacio. La convergencia es coherente desde el punto de vista edafológico: la incorporación de enmiendas orgánicas y de cascarilla de arroz mejora la aireación, la retención de humedad y la disponibilidad inicial de nutrientes del sustrato, condiciones que favorecen la

reactivación temprana de las yemas y, con ello, una emergencia más rápida. La marcada precocidad de *Dendrocalamus asper* concuerda, asimismo, con el buen comportamiento vegetativo que esta especie mostró frente a *Guadua angustifolia* en el estudio de Aguilar (2022), lo que sugiere que las reservas nutritivas y la vigorosidad rizomática propias de las especies cespitosas de gran porte se traducen en una activación fisiológica más pronta durante la fase inicial de vivero.

4.2.2 Número de brotes emitidos

En la emisión de brotes se hallaron diferencias significativas para el factor Especie ($F = 8,948$; $p = 0,001$) y un efecto altamente significativo del factor Sustrato ($F = 29,626$; $p < 0,001$), sin interacción significativa ($p = 0,224$). *Dendrocalamus asper* registró el mayor número de brotes (3,90), superando a Guadua angustifolia (3,54) y a *Phyllostachys aurea* (3,09); del mismo modo, la mezcla con guano de isla indujo la mayor brotación (4,37 brotes) frente al testigo de tierra agrícola (2,40 brotes).

Este hallazgo guarda relación con lo reportado por Alvarado et al. (2021) en El Vainillo, Guayas (Ecuador), donde el vermicompost, por su elevado aporte orgánico, favoreció los mayores porcentajes de propagación y de brotación basal en las especies del género *Guadua*, alcanzando *G. amplexifolia* un 78 % y G. angustifolia un 70 %, frente a los valores inferiores obtenidos con cascarilla de café. La coincidencia refuerza la idea de que los sustratos enriquecidos con materia orgánica de rápida mineralización el guano de isla en el presente trabajo y el vermicompost en el antecedente estimulan la actividad meristemática y, por tanto, la emisión de nuevos brotes. Asimismo, la superioridad de *Dendrocalamus asper* es congruente con la afirmación de que la elección de la especie constituye un factor determinante del comportamiento vegetativo, tal como concluyó Aguilar (2022) al identificar a esta misma especie como la de mejor desempeño en altura y follaje.

4.2.3 Días a la aparición de hojas

Para la aparición de las primeras hojas, el análisis de varianza mostró efectos altamente significativos del factor Especie ($F = 77,876$; $p < 0,001$) y del factor Sustrato ($F = 39,663$; $p < 0,001$), así como una interacción Especie × Sustrato

significativa (F = 2,607; p = 0,043), única variable en la que ambos factores no actuaron de manera independiente. El modelo explicó el 92,4 % de la variabilidad (R^2 = 0,924). *Dendrocalamus asper* presentó la aparición foliar más temprana (26,58 días), y el sustrato con guano de isla favoreció el menor tiempo (27,61 días) frente al testigo (33,23 días).

La significancia de la interacción indica que el efecto del sustrato sobre la velocidad de foliación dependió de la especie, matiz relevante que enriquece la interpretación agronómica del ensayo. Este resultado es coherente con la evidencia de Aguilar (2022), quien determinó que *Dendrocalamus asper* alcanzó la mayor cantidad de hojas y que la interacción especie x sustrato definió los plantones de mejores características, correspondientes a esta especie producida en aserrín descompuesto. La aparición foliar más precoz en los sustratos enmendados se explica por el suministro nutricional temprano particularmente de nitrógeno y fósforo aportados por el guano de isla, que acelera la diferenciación y expansión de las láminas foliares, componente esencial de la superficie fotosintética durante el establecimiento en vivero.

4.2.4 Altura de planta

La altura de planta evidenció diferencias altamente significativas para el factor Especie (F = 34,205; p < 0,001) y para el factor Sustrato (F = 43,158; p < 0,001), sin interacción significativa (p = 0,675), con un modelo que explicó el 89,4 % de la variabilidad (R^2 = 0,894). *Dendrocalamus asper* alcanzó la mayor altura (39,79 cm), superando a Guadua angustifolia (36,97 cm) y a *Phyllostachys aurea* (30,89 cm); entre los sustratos, la mezcla con guano de isla produjo la mayor altura (41,37 cm) frente al testigo de tierra agrícola (28,50 cm).

Estos resultados concuerdan plenamente con lo hallado por Aguilar (2022), quien reportó que *Dendrocalamus asper* registró la mayor altura total y que el aserrín descompuesto fue el sustrato que más influyó en dicha variable. La coincidencia en la identidad de la especie de mayor porte refuerza la consistencia del comportamiento silvicultural de *Dendrocalamus asper* en condiciones de vivero amazónico. Igualmente, la mejora de la altura mediante enmiendas orgánicas es congruente con lo observado por Carhuatocto (2022) en Calzada, Moyobamba,

donde la combinación de tierra agrícola con humus de lombriz complementada con la aplicación de fósforo constituyó el sustrato más efectivo, alcanzando un crecimiento de 22,86 cm en los chusquines de *Guadua angustifolia*. En la misma línea, Ardiles (2019), en Kepashiato, obtuvo con esqueje de tallo combinado con compost de aserrín las mayores alturas de brote (102 cm y 97 cm en sus dos mejores tratamientos), muy por encima de los esquejes de rama en tierra agrícola, que registraron los valores más bajos y mortalidades superiores al 56 %; si bien estas magnitudes no son directamente comparables con las del presente ensayo por corresponder a un método de propagación (esquejes de tallo) y a un periodo de evaluación distintos, ambos estudios coinciden en señalar a los sustratos con enmiendas orgánicas como los más favorables para el crecimiento en altura.

4.2.5 Número de hojas

En el número de hojas se registraron diferencias altamente significativas para el factor Especie ($F = 33,813$; $p < 0,001$) y para el factor Sustrato ($F = 54,206$; $p < 0,001$), sin interacción significativa ($p = 0,079$), con un modelo que explicó el 91,0 % de la variabilidad ($R^2 = 0,910$). *Dendrocalamus asper* produjo el mayor número de hojas (13,89), diferenciándose de Guadua angustifolia (11,30) y *Phyllostachys aurea* (11,05); el sustrato con guano de isla generó la mayor producción foliar (14,23 hojas) frente al testigo (9,11 hojas).

Este comportamiento coincide de manera directa con el antecedente de Aguilar (2022), quien identificó a *Dendrocalamus asper* como la especie con mayor cantidad de hojas y al aserrín descompuesto como el sustrato de mayor influencia sobre esta variable. Dado que el número de hojas se relaciona estrechamente con la superficie fotosintética disponible, el mayor follaje observado en los sustratos enmendados y en *Dendrocalamus asper* explica, en buena medida, la superioridad simultánea de esta especie en altura y en calidad morfológica, pues una mayor área foliar se traduce en una síntesis más eficiente de fotoasimilados. Conviene precisar que, en el estudio internacional de Lárraga et al. (2011), realizado a los 136 días después del trasplante, fue *Guadua angustifolia* junto con *Bambusa vulgaris* la especie de mejor comportamiento en las variables morfológicas frente a Bambusa oldhamii; dado que *Dendrocalamus* no se incluyó en aquel ensayo, la diferencia

confirma que la respuesta foliar depende estrechamente del conjunto particular de especies comparadas en cada experimento.

4.2.6 Longitud de raíz

La longitud de raíz mostró diferencias altamente significativas para el factor Especie ($F = 28,270$; $p < 0,001$) y para el factor Sustrato ($F = 43,794$; $p < 0,001$), sin interacción significativa ($p = 0,449$), con un modelo que explicó el 89,0 % de la variabilidad ($R^2 = 0,890$). *Dendrocalamus asper* desarrolló el sistema radicular más largo (25,53 cm), seguido de Guadua angustifolia (23,21 cm) y *Phyllostachys aurea* (20,60 cm); el sustrato con guano de isla promovió la mayor longitud (26,53 cm) frente al testigo de tierra agrícola (18,68 cm).

El mejor desarrollo radicular en los sustratos con enmiendas orgánicas y cascarilla de arroz se explica por la mayor porosidad y aireación del medio, que reducen la resistencia mecánica a la penetración de las raíces y favorecen su elongación. Este hallazgo es coherente con el estudio de Aquino (2019), en el que el sustrato de aserrín descompuesto de naturaleza orgánica y buena aireación indujo en *Guadua angustifolia* el mayor número de nudos enraizados (64,7 % en promedio) y la mayor cantidad de plantones obtenidos (9,2 en promedio) mediante acodo subterráneo, resultados superiores a los alcanzados con tierra agrícola. Ambos trabajos respaldan la premisa de que los sustratos livianos, porosos y ricos en materia orgánica optimizan la formación y el crecimiento del sistema radicular, componente crítico para la posterior supervivencia del plantón en campo definitivo.

4.2.7 Porcentaje de supervivencia

El porcentaje de supervivencia presentó diferencias significativas para el factor Especie ($F = 8,425$; $p = 0,002$) y un efecto altamente significativo del factor Sustrato ($F = 86,867$; $p < 0,001$), sin interacción significativa ($p = 0,830$), con un modelo que explicó el 92,1 % de la variabilidad ($R^2 = 0,921$). *Dendrocalamus asper* alcanzó la mayor supervivencia (86,54 %), por encima de *Guadua angustifolia* (82,60 %) y *Phyllostachys aurea* (81,94 %); el sustrato con guano de isla registró el porcentaje más alto (93,86 %), frente a solo 72,32 % del testigo de tierra agrícola.

El contraste con los antecedentes resulta particularmente ilustrativo en esta variable. Mientras que Aguilar (2022) advirtió sobre una mortalidad muy elevada en la propagación por esquejes, con un valor mínimo promedio del 66 % de mortalidad cuando se empleó *Guadua angustifolia* en humus de lombriz, y Cruz (2024) reportó apenas un 38 % de supervivencia en chusquines de guadua, el presente estudio alcanzó porcentajes de supervivencia notablemente superiores, que oscilaron entre el 72,32 % y el 93,86 % según el sustrato. En la misma dirección, Ardiles (2019) registró en sus peores tratamientos esquejes de rama en tierra agrícola mortalidades superiores al 56 %, mientras que Aquino (2019) alcanzó prendimientos elevados, de hasta 97 % en *Guadua weberbaueri* bajo tierra agrícola. Esta comparación sugiere que la combinación de un sustrato equilibrado tierra agrícola con guano de isla y cascarilla de arroz con un manejo adecuado de las condiciones de vivero permite superar una de las principales limitaciones señaladas de manera reiterada por la literatura: la alta mortalidad durante la fase de propagación, advertencia también presente en el trabajo internacional de Lárraga et al. (2011), quienes observaron que los métodos de vareta y segmento nodal ofrecían la menor supervivencia. El efecto altamente significativo del sustrato ($F = 86,867$) confirma que la selección técnica del medio de crecimiento es determinante para garantizar la viabilidad de los plantones y, en consecuencia, la eficiencia económica del vivero.

4.2.8 Índice morfológico de calidad (ICD)

Finalmente, el índice morfológico de calidad o índice de calidad de Dickson (ICD) mostró diferencias altamente significativas para el factor Especie ($F = 27,617$; $p < 0,001$) y para el factor Sustrato ($F = 171,510$; $p < 0,001$), sin interacción significativa ($p = 0,126$), con el modelo de mayor ajuste de todo el estudio, que explicó el 96,0 % de la variabilidad ($R^2 = 0,960$). *Dendrocalamus asper* obtuvo el mayor índice (0,545), superando a *Guadua angustifolia* (0,476) y *Phyllostachys aurea* (0,462); el sustrato con guano de isla produjo la mejor calidad (0,629) frente al testigo de tierra agrícola (0,337).

El índice de calidad de Dickson integra en un solo valor la altura, el diámetro y la biomasa de la planta, por lo que constituye el indicador más completo del vigor

global del plantón. La superioridad de *Dendrocalamus asper* (0,545) y del sustrato enmendado con guano de isla (0,629) sintetiza y confirma las tendencias observadas en las variables individuales, y resulta plenamente coherente con la conclusión general de Aguilar (2022), en el sentido de que *Dendrocalamus asper* combinado con sustratos ricos en materia orgánica genera los plantones de mejores características morfológicas. Aunque los antecedentes revisados no calcularon de manera explícita este índice evaluaron por separado altura, diámetro y prendimiento, la magnitud del efecto del sustrato sobre el ICD (F = 171,510), con amplia diferencia la más elevada de toda la investigación, ratifica de manera contundente que la composición del sustrato es el factor de mayor peso sobre la calidad integral del material vegetal producido en vivero.

CONCLUSIONES

El desarrollo vegetativo de las tres especies de bambú cultivadas bajo condiciones de vivero estuvo significativamente determinado por la especie y el tipo de sustrato. *Dendrocalamus asper* presentó el mejor desempeño general en las variables evaluadas, destacando su respuesta al sustrato compuesto por 50 % de tierra agrícola, 25 % de guano de isla y 25 % de cascarilla de arroz. Esta combinación permitió obtener plantones con mejores características de crecimiento y calidad. La interacción entre la especie y el tipo de sustrato presentó un efecto significativo únicamente sobre la variable aparición de hojas.

Dendrocalamus asper presentó el establecimiento fenológico más favorable, con la emergencia más temprana (17,53 días), el mayor número de brotes (3,90) y la aparición de hojas en menor tiempo (26,58 días), diferenciándose estadísticamente de las demás especies. Asimismo, los sustratos que incorporaron guano de isla favorecieron la manifestación más temprana de los procesos fenológicos evaluados en comparación con el tratamiento testigo, constituido por 100 % de tierra agrícola.

En las variables de crecimiento vegetativo, *Dendrocalamus asper* alcanzó los mayores valores de altura de planta (39,79 cm), número de hojas (13,89) y longitud radicular (25,53 cm). Los sustratos que incorporaron guano de isla y cascarilla de arroz favorecieron el desarrollo de estas características, evidenciando una respuesta superior respecto al sustrato testigo de 100 % de tierra agrícola.

La supervivencia y el índice morfológico de calidad (ICD) fueron afectados significativamente por el tipo de sustrato, con valores de F de 86,867 y 171,510, respectivamente. La mezcla constituida por 50 % de tierra agrícola, 25 % de guano de isla y 25 % de cascarilla de arroz presentó la mayor supervivencia (93,86 %) y el mayor índice de calidad (0,63), mostrando el mejor desempeño bajo las condiciones experimentales evaluadas. En contraste, el tratamiento con 100 % de tierra agrícola presentó un desempeño inferior en ambas variables.

RECOMENDACIONES

A los agricultores y productores de bambú: utilizar *Dendrocalamus asper* en la producción de plantones y considerar la mezcla de 50 % de tierra agrícola + 25 % de guano de isla + 25 % de cascarilla de arroz, debido a que presentó el mejor desempeño bajo las condiciones de vivero evaluadas.

A las entidades agrarias: incorporar los resultados de esta investigación en programas de asistencia técnica y capacitación relacionados con la producción de plantones de bambú, haciendo énfasis en el manejo de sustratos y en las prácticas que favorezcan un adecuado desarrollo vegetativo.

A la Municipalidad Distrital de Pichari: promover proyectos de reforestación, recuperación de áreas degradadas y producción de bambú que contemplen el establecimiento de viveros, la capacitación de productores y el manejo técnico de los plantones durante las etapas de producción y establecimiento.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta: desarrollar investigaciones posteriores que evalúen diferentes proporciones y componentes de sustratos, fuentes de fertilización y condiciones de manejo, así como el comportamiento de las especies estudiadas después de su establecimiento en campo definitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad, M., Noguera, P., & Burés, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*, *77*(2), 197–200. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00152-8

Aguilar, L. (2022a). *Propagación de dos especies de bambúes a través de esquejes, con cuatro sustratos orgánicos en el distrito de Rupa Rupa, Ciudad de Tingo María - fase de vivero* [Tesis de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.14292/2310

Aguilar, L. (2022b). *Propagación de dos especies de bambúes a través de esquejes, con cuatro sustratos orgánicos en el distrito de Rupa Rupa, Ciudad de Tingo María - fase de vivero* [Tesis de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.14292/2310

Aguirre, J., Ramírez, B., Cadena, J., Juárez, J. P., Caso, L., & Martínez, D. (2018). Biomasa y carbono en *Guadua angustifolia Kunth* y *Bambusa oldhamii* Munro en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México. *Revista de Biología Tropical*, *66*(4). https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.33364

Aguirre, L. (2019). *Efecto de dos enraizadores y tres mezclas de sustrato en la propagación vegetativa del bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) mediante brotes de rizoma en vivero - Aucayacu* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://doi.org/https://goo.su/n4wHd

Alfaro, P. (2023). *Propagación vegetativa de* Guadua angustifolia K., Bambusa vulgaris var. vittata A. y Bambusa tuldoides M. *en el vivero del fundo San José, provincia de Chanchamayo - Junín* [Tesis de Ingeniero Forestal,

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://doi.org/https://goo.su/jF6L

Alvarado, A., Munzón, M., & Pilaloa, W. (2021). Efecto comparativo de tres sustratos en la propagación y crecimiento de dos especies de caña del género Guadua. *Revista Alfa*, *5*(14), 179–191. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.109

Aquino, K. (2019). *Propagación de dos especies de Bambúes, mediante acodo subterráneo en Tingo María - Huánuco* [Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Huánuco]. https://doi.org/https://sl1nk.com/0y05tj8

Ardiles, H. (2019). *Evaluación de diferentes sustratos en la propagación de Bambú (* Guadua angustifolia Kunth *) en Kepashiato - Echarati - La Convención-Cusco* [Tesis de Ingeniero Agrónomo Tropical, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú]. https://doi.org/https://sl1nk.com/d1kd6xc

Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica* (6th ed.). Editorial Episteme. https://acortar.link/7Ug85

Bernal, C., Urdaneta, G., & Duitama, C. (2016). *Metodología de la investigación : administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación de Colombia S.A.S.

Bewley, D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds*. Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4

Cano, B. (2020). *Propagación vegetativa de* Guadua aff. angustifolia *a partir de chusquines en condiciones de vivero* [Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4484

Carhuatocto chully, E. (2022). *Propagación de chusquines de bambú (*Guadua angustifolia Kunth*), utilizando sustratos mejorados, en el Distrito de Calzada - Moyobamba – San Martín* [Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén Perú]. https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14074/5455

Catpo, J. (2019). *"Etnobotánica, caracterización morfológica y distribución ecológica de especies de bambú en la región selva central del Perú"* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4150

Cruz, F. (2024). *Efecto de tres sustratos orgánicos en la propagación de chusquines de Bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) en Tabaconas, San Ignacio - Perú* [Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén Perú]. https://doi.org/https://l1nq.com/60xffpq

Duarte, M., López, G. A., & Campos, M. C. (2016). Factores edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia*. *Ingeniería y Región*, *15*, 9. https://doi.org/10.25054/22161325.1175

Dutta, S., Gorain, S., Roy, J., Das, R., Banerjee, S., Gorai, S. K., Roy Choudhury, M., & Das, S. (2025). Bamboo for global sustainability: a systematic review of its environmental and ecological implications, climate action, and biodiversity contributions. *Environmental Reviews*, *33*, 1–26. https://doi.org/10.1139/er-2025-0032

Emamverdian, A., Ding, Y., Ranaei, F., & Ahmad, Z. (2020). Application of Bamboo Plants in Nine Aspects. *The Scientific World Journal*, *2020*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2020/7284203

FAO. (2020). *Firma del Memorando de Entendimiento entre la FAO y la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).* https://www.fao.org/director-general/speeches/details/Signing-the-Memorandum-of-Understanding-between-FAO-and-the-International-Bamboo-and-Rattan-Organization-(INBAR)/en

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill. https://acortar.link/RgWKIF

Hernández, Roberto., Fernandez, C. F.., & Baptista, Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education. https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6

Hernández, S., & Mendoza, C. (2019). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, *10*(18), 92–95. https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6

Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, *24*(1). https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009

Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M., Santos, G., Santos, U., & Vargas, J. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. *Ra Ximhai*, *7*(2), 205–218. https://doi.org/https://doi.org/10.35197/rx.07.02.2011.05.nl

Li, L., Zhou, B., Liu, D., Wu, H., Shi, Q., Lin, S., & Yao, W. (2023). Transcriptomic Complexity of Culm Growth and Development in Different Types of Moso Bamboo. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(8), 7425. https://doi.org/10.3390/ijms24087425

Liese, W., & Kohl, M. (2015). *Bamboo* (W. Liese & M. Köhl, Eds.; Vol. 10). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6

Ma, S., Li, J., Chen, J., Mei, R., Cui, K., & Lan, L. (2023). Research Progress and a Prospect Analysis of Asexual Bamboo Reproduction. *Horticulturae*, *9*(6), 685. https://doi.org/10.3390/horticulturae9060685

Mandaliya, V. B. (2026). Bamboo for climate resilience: green gold of ecosystems in the UN SDG Framework. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *13*. https://doi.org/10.3389/fevo.2025.1723994

Montgomery, Douglas. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley. https://acortar.link/EImGHC

Móstiga, R., Cano, B., Quispe, L., & Móstiga, M. (2019). Análisis morfológico y molecular de especies de bambú del género Guadua (*Poaceae: Bambusoideae)* procedentes de las regiones San Martín y Cajamarca, Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, *3*(1), 83–91. https://doi.org/10.25127/aps.20191.486

Muñoz, J., Sáenz, T., Barrera, R., Castillo, D., & Castillo, F. (2022). Evaluation of two species of bamboo under plantation in Ziracuaretiro, Michoacán, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *25*(2). https://doi.org/10.56369/tsaes.3979

Nath, A. J., Lal, R., & Das, A. K. (2015). Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation*, *3*, 654–663. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.03.002

Nath, A. J., Sileshi, G. W., & Das, A. K. (2018). Bamboo based family forests offer opportunities for biomass production and carbon farming in North East India. *Land Use Policy*, *75*, 191–200. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.041

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.

Pan, X., & Shao, J. F. (2025). Linking the structure of vascular bundles and mineral element deposition reveals the hub role of nodes in bamboo. *Horticulture Research*, *12*(8). https://doi.org/10.1093/hr/uhaf113

Poicón, M. (2015). *Propagación de bambú (*Dendrocalamus asper*) a través de esquejes utilizando humus de lombriz y biorregulador (Root - Hor), en la zona de Tingo María* [Tesis de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.14292/629

Posso, A. (2011). *Diversidad genética y estructura poblacional de* Guadua angustifolia Kunth *en el eje cafetero colombiano*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8369

Prieto, A., Henao, V., & Montoya, J. (2025). Morphological and anatomical characterization of mature culms of *Guadua angustifolia Kunth* as a raw material for transformation processes. *BioResources*, *20*(2), 2628–2642. https://doi.org/10.15376/biores.20.2.2628-2642

Ramírez, F., & Camargo, J. (2019). Floristic structure and composition of *Guadua* forests in the Colombian coffee region1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *49*. https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4955425

Révolo, M., & Révolo, L. (2018). *Efecto de los sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de bambú guadua (*Guadua angustifolia kunth*) a nivel de vivero en Chanchamayo* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Daniel Alcidez Carrión]. https://doi.org/http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2062/1/T026_70326932_T.pdf

Romero, M. (2019). Vulnerability of ecosystems with *Guadua angustifolia* in Ecuador in light of climate changes1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *49*. https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4955405

Ruiz, E., Tyrrell, C., Londoño, X., Oliveira, R., & Clark, L. (2021). Diversity, distribution, and classification of Neotropical woody bamboos (*Poaceae: Bambusoideae*) in the 21st Century. *Botanical Sciences*, *99*(2), 198–228. https://doi.org/10.17129/botsci.2722

Santiago, K. (2025). *Efecto del enraizador ROOT-HOR en la propagación vegetativa del bambú (*Bambusa oldhamii Munro*) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo - Junín* [Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://doi.org/https://goo.su/KCo2DvI

SERFOR. (2023). *Cusco: Semana Nacional del Bambú – Quillabamba 2023 - Noticias - Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - Plataforma del Estado Peruano*. https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/837329-cusco-semana-nacional-del-bambu-quillabamba-2023

Smith, E. L., Kellman, L., & Brenton, P. (2019). Restoration of On-farm Constructed Wetland Systems Used to Treat Agricultural Wastewater. *Journal of Agricultural Science*, *11*(4), 1. https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p1

Trillo, Y. (2014). *Propagación vegetativa de* Dendrocalamus asper *(Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne, Bambusa vulgaris Schrad. ex H. Wendl. var. vittata Riviere & C. Riviere,* Guadua angustifolia *Kunth y* Guadua aff. angustifolia Kunth *en el Fundo Bio Selva – Satipo* [Tesis de Ingeniera en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo]. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1911

Tripathi, A., Yadav, S., Nishtha, Nkengnamai, M., & Thakur, A. (2024). Bamboo: A Fast-Growing Species to Mitigate Carbon Footprint. In *Forests and Climate Change: Biological Perspectives on Impact, Adaptation, and Mitigation Strategies*. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3905-9_23/SAVE-RESEARCH

Uniyal, S., Bhuvaneswari, V., & Kumar, A. (2025). Exploring bamboo's potential in economic returns and degraded land restoration in Uttarakhand, India. *Discover Forests 2025 1:1*, *1*(1), 13-. https://doi.org/10.1007/S44415-025-00010-7

Vargas, A. (2022). *Propagación por segmentos vegetativos de (*Guadua angustifolia*) con diferentes sustratos, dosis de ácido naftalenacético y niveles de sombra, en el Cantón Joya de los Sachas* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Orellana, El Coca, Ecuador]. https://doi.org/https://goo.su/fA74yH

Villalobos, D. (2024). *Efecto del tipo de cobertizo y posición de los culmos en la propagación vegetativa de (*Guadua angustifolia Kunth*) a nivel de vivero - Pichari* [Tesis de Ingeniera Agroforestal, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. https://doi.org/https://goo.su/7VxD0P

Vorontsova, M., Clark, L., & Panadero, W. (2016). *Lista mundial de bambúes y ratán | Organización Internacional del Bambú y el Ratán*. INBAR. https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/world-checklist-of-bamboos-and-rattans/?utm_source=chatgpt.com

Yuen, J., Fung, T., & Ziegler, A. (2017). Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide: Estimates and uncertainties. *Forest Ecology and Management*, *393*, 113–138. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.017

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE TRES ESPECIES DE BAMBÚ (Bambusoideae) EN MEZCLAS DE SUSTRATOS BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN PICHARI, CUSCO

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
General. ¿Cuál es el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?	**General.** Determinar el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.	**General.** Las diferentes mezclas de sustrato influyen significativamente en el desarrollo vegetativo de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.	**VI (X):** Mezclas de sustrato Composición; proporción (%); prop. físicas (porosidad, humedad, densidad); prop. químicas (pH, CE, N-P-K). **VD (Y):** Desarrollo vegetativo Fenológica: días a emergencia, n.º de brotes, días a hoja. Agronómica: altura (cm), n.º hojas, raíz (cm). Calidad: supervivencia (%), ICD.	**Enfoque:** cuantitativo. **Tipo/Nivel:** aplicada, explicativo. **Método:** hipotético-deductivo, experimental. **Diseño:** experimental puro; DCA factorial 3 × 4 (12 tratamientos × 3 rep. = 36 U.E.). **Muestra:** 36 U.E.; muestreo no probabilístico por conveniencia. **Técnica/Instrumento:** observación directa estructurada; ficha de registro **Análisis:** descriptivo e inferencial; ANOVA y Tukey ($\alpha = 0,05$).
E1. ¿Cuál es el desarrollo fenológico de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?	**E1.** Determinar el desarrollo fenológico de las tres especies (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) de bambú cultivadas en diferentes mezclas de sustrato.	**E1.** Las diferentes mezclas de sustrato influyen significativamente en el desarrollo fenológico de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero.		
E2. ¿Cómo se comportan las variables agronómicas de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?	**E2.** Evaluar las variables agronómicas de las tres especies de bambú cultivadas en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.	**E2.** Las diferentes mezclas de sustrato generan diferencias significativas en las variables agronómicas de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.		
E3. ¿Cuál es el efecto de las diferentes mezclas de sustrato sobre el desarrollo y la calidad de las tres especies de bambú (Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco?	**E3.** Evaluar el efecto y calidad de las diferentes mezclas de sustrato en las tres especies de bambú cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.	**E3.** Las diferentes mezclas de sustrato presentan efectos significativos y diferentes niveles de calidad sobre el crecimiento y desarrollo de las tres especies de bambú (*Guadua angustifolia, Phyllostachys aurea y Dendrocalamus asper*) cultivadas bajo condiciones de vivero en Pichari, Cusco.		

Nota. Presenta la relación lógica entre el problema de investigación, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones, indicadores y metodología empleada en el estudio.

Anexo 2 *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala / unidad
Independiente (X) Mezclas de sustrato *Def. conceptual:* medio físico que sostiene la plántula y regula el aporte de agua, aire y nutrientes en vivero. *Def. operacional:* cuatro formulaciones (S1–S4) con distintas proporciones de tierra agrícola, enmiendas (roca fosfórica, compost o guano de isla) y cascarilla de arroz.	Composición Proporción de componentes	Tipo de sustrato (S1–S4)	Nominal (categorías)
		% de cada material (v/v)	Razón (%)
		Porosidad, retención de humedad, densidad aparente	Razón (%, $g \cdot cm^{-3}$)
		pH, conductividad eléctrica, nutrientes (N, P, K)	Razón (pH, $dS \cdot m^{-1}$, ppm)
Dependiente (Y) Desarrollo vegetativo del bambú *Def. conceptual:* manifestaciones fenológicas, morfológicas y de calidad que expresan el vigor de la plántula en vivero. *Def. operacional:* ocho indicadores medidos por observación directa estructurada (ficha, regla/cinta, vernier, conteo) en 36 U.E. durante 4 meses.	Fenológica	Días a la emergencia; n.º de brotes; días a aparición de hoja	Razón (días, n.º)
	Agronómica	Altura de planta; n.º de hojas; longitud de raíz	Razón (cm, n.º)
	Efecto y calidad	Supervivencia; índice de calidad de Dickson (ICD)	Razón (%, adimensional)

Anexo 3 *Distribución de tratamientos en vivero (36 unidades experimentales)*

Fila	1	2	3	4	5	6
1	T7	T2	T11	T5	T9	T1
2	T12	T4	T6	T10	T3	T8
3	T3	T8	T1	T10	T5	T12
4	T7	T2	T9	T4	T11	T6
5	T4	T11	T8	T1	T10	T6
6	T2	T9	T12	T5	T7	T3

Nota. El croquis representa la distribución aleatoria de las 36 unidades experimentales (12 tratamientos × 3 repeticiones) dentro del vivero.

Anexo 4 *Base de datos de las variables fenológicas, agronómicas y de calidad morfológica de las tres especies de bambú evaluadas bajo diferentes mezclas de sustratos*

				Fases fenológicos			variables agronómicas			Efecto de sustratos	
N°	Tratamiento	Especie	Sustrato	Días a la emergencia	Número de brotes emitidos	Días a la aparición de hojas	Altura de planta	Número de hojas	Longitud de raíz	Porcentaje de supervivencia (%)	Índices morfológicos de calidad
1	T1	Guadua	100% tierra agrícola	21,80	3,30	33,40	31,30	8,80	17,90	74,30	,35
2	T1	Guadua	100% tierra agrícola	21,90	1,30	32,70	29,70	9,00	18,80	72,80	,26
3	T1	Guadua	100% tierra agrícola	23,10	2,10	32,20	29,50	8,30	18,50	69,40	,31
4	T2	Guadua	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	19,30	3,40	29,10	34,20	11,40	23,70	80,20	,45
5	T2	Guadua	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	22,40	3,20	31,30	35,40	9,50	21,60	75,50	,48
6	T2	Guadua	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	21,80	3,10	32,90	31,50	10,10	23,00	79,50	,43
7	T3	Guadua	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	19,30	3,40	27,80	38,90	13,40	26,50	89,30	,50
8	T3	Guadua	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	19,20	5,10	29,40	40,60	12,60	24,70	85,40	,57
9	T3	Guadua	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	17,80	4,40	26,60	42,60	12,70	24,10	88,20	,52
10	T4	Guadua	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	14,50	4,50	30,20	45,20	14,70	28,20	89,00	,61
11	T4	Guadua	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	15,60	4,10	29,10	42,10	11,40	25,20	92,30	,59
12	T4	Guadua	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	18,10	4,60	28,20	42,60	13,70	26,30	95,30	,64
13	T5	Dendroclanus	100% tierra agrícola	21,90	3,00	30,40	35,70	9,90	21,50	72,60	,44
14	T5	Dendroclanus	100% tierra agrícola	21,70	3,70	32,30	34,10	10,30	20,90	77,70	,40
15	T5	Dendroclanus	100% tierra agrícola	19,90	3,10	30,60	29,40	11,70	21,00	74,60	,41
16	T6	Dendroclanus	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	19,10	3,40	29,50	40,80	14,30	25,80	87,00	,51
17	T6	Dendroclanus	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	16,90	3,80	27,50	36,60	15,00	25,60	84,00	,44
18	T6	Dendroclanus	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	16,70	4,00	26,90	35,00	13,50	23,80	83,70	,46
19	T7	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	16,40	4,20	24,90	46,10	16,20	27,00	83,40	,63
20	T7	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	14,90	3,80	26,30	38,60	15,70	28,80	94,10	,61
21	T7	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	15,90	3,90	23,60	49,10	14,60	25,50	92,30	,63
22	T8	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	16,20	4,70	23,70	44,00	15,70	30,60	96,80	,65
23	T8	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	15,20	4,40	20,80	44,80	14,00	28,50	98,20	,70
24	T8	Dendroclanus	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	15,60	4,80	22,50	43,30	15,80	27,40	94,10	,66
25	T9	Phyllostachys	100% tierra agrícola	24,00	1,20	36,70	21,60	8,50	18,30	70,30	,30
26	T9	Phyllostachys	100% tierra agrícola	26,60	1,60	35,10	24,50	7,60	16,30	66,90	,27
27	T9	Phyllostachys	100% tierra agrícola	24,50	2,30	35,70	20,70	7,90	14,90	72,30	,29
28	T10	Phyllostachys	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	24,30	3,00	34,70	32,20	10,80	16,90	78,50	,46
29	T10	Phyllostachys	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	22,80	3,30	32,60	29,50	9,90	17,50	82,90	,39
30	T10	Phyllostachys	Tierra agricola 50% + Roca fosforica 25% + cascarrilla de arroz 25%	23,30	2,90	34,40	29,30	8,70	19,30	77,60	,43
31	T11	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	20,60	3,70	30,80	30,30	13,00	25,10	84,50	,50
32	T11	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	20,40	3,40	30,30	37,30	11,90	20,90	87,70	,52
33	T11	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + compost 25% + cascarrilla de arroz 25 %	18,80	3,50	32,00	35,00	11,50	25,40	83,60	,57
34	T12	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	19,10	4,20	32,70	34,80	13,50	23,70	92,40	,62
35	T12	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	22,10	4,30	29,50	39,80	15,60	27,30	96,70	,61
36	T12	Phyllostachys	Tierra agricola 50 % + Guano de isla 25 % + cascarrila de arroz 25 %	18,60	3,70	31,80	35,70	13,70	21,60	89,90	,58

Nota. La base de datos presenta los registros originales obtenidos en las 36 unidades experimentales correspondientes a los 12 tratamientos y tres repeticiones. Incluye las variables fenológicas (días a la emergencia y días a la aparición de hojas), variables agronómicas (número de brotes emitidos, altura de planta, número de hojas, longitud de raíz y porcentaje de supervivencia) e índice morfológico de calidad, utilizadas para los análisis estadísticos del estudio.

Anexo 5 *Preparación y mezclado de los sustratos evaluados*



Nota. *Se observa el proceso de preparación y homogenización de los diferentes sustratos utilizados en los tratamientos experimentales. Fuente: Elaboración propia (2026).*

Anexo 6 *Plantones de las tres especies de bambú antes del trasplante*



Nota. Se presentan los plantones seleccionados para el establecimiento del ensayo, verificando su uniformidad morfológica y estado fitosanitario. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 7 Distribución de los tratamientos experimentales en el vivero



Nota. Se aprecia la disposición de las unidades experimentales conforme al diseño experimental establecido para la investigación. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 8 *Trasplante de los plantones a los diferentes sustratos*



Nota. Se muestra el procedimiento de establecimiento de los plantones de bambú en cada mezcla de sustrato evaluada. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 5 *Evaluación de la altura de planta en las especies de bambú*



Nota. Se registra la medición de la altura de los plantones utilizando instrumentos de medición calibrados durante la fase de evaluación. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 6 *Evaluación del sistema radicular de los plantones*



Nota. Se presenta la extracción de los plantones para la medición de la longitud y desarrollo de las raíces al finalizar el ensayo experimental. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 7 *Estado final de los plantones al concluir la investigación*



Nota. Se muestran los plantones al término del experimento, evidenciando el desarrollo vegetativo alcanzado en cada tratamiento. Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo 8 *Estado final de los plantones al concluir la investigación*



Nota. Se muestran los plantones al término del experimento, evidenciando el desarrollo vegetativo alcanzado en cada tratamiento. Fuente: Elaboración propia (2026).