



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA: INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“Evaluación inicial de tres fenotipos de bambù *Guadua
angustifolia*, con fertilización, Intag, Ecuador”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

Línea de investigación: Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible

Autor: Joselin Paulina Muñoz Castro

Director: Ing. Guillermo David Varela Jácome, Mgs.

Ibarra – Ecuador – 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003689419		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Muñoz Castro Joselin Paulina		
DIRECCIÓN:	Sucre 21-25 y Tobías Mena		
EMAIL:	jpmuniozc@utn.edu.ec / joselinpaulinamc@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0963520481

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Evaluación inicial de tres fenotipos de bambú <i>Guadua angustifolia</i> , con fertilización, Intag, Ecuador”
AUTOR (ES):	Joselin Paulina Muñoz Castro
FECHA: AAAAMMDD	26 de junio de 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
DIRECTOR:	Ing. Guillermo David Varela Jácome Mgs.

CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es del titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días, del mes de junio de 2025

EL AUTOR:

.....

 Joselin Paulina Muñoz Castro



CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 26 de junio de 2025

Ing. Guillermo Varela Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que seajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....
Ing. Guillermo Varela Mgs.

C.C.: 1003648712



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “**Evaluación inicial de tres fenotipos de bambú *Guadua angustifolia*, con fertilización, Intag, Ecuador**” elaborado por Joselin Paulina Muñoz Castro previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Ing. Guillermo Varela Mgs.

C.C.: 1003648712

Ing. Gabriel Carvajal, Mgs.

C.C.: 1002412052



DEDICATORIA

Dedico mi trabajo, esfuerzo y constancia a mis padres por mantener su fe y confianza en mí a pesar del tiempo, por impulsarme cada día, fueron y son mi inspiración para cada meta o proyecto.

A mi hijo le dedico por ser la chispa que enciende mi motor, el que con solo mirar sus ojos y rostro sabía que tenía que cumplir este reto académico, para graduarnos juntos.

A mi esposo le dedico porque fue quién me motivo día a día siempre recordándome de que soy capaz, hasta donde he llegado y que obtenido, memorizándome que me hace diferente de los demás, dándose el tiempo, paciencia y amor cuando me veía decaída.

Al Ing. Mario Añazco quién me motivo trabajar con el bambú, desde cuando fui estudiante, por ser la guía y el maestro que necesité siempre, es un personaje reconocido en el mundo del bambú, para mí un privilegio haber recorrido este camino con él.

Este gran paso en mi vida le dedico a Dios por darme la fuerza espiritual y de salud principalmente para continuar y culminar, es mucho más duro el camino cuando ya eres madre, esposa, y empleada, pero él es quién en mis momentos que tenía que separarme de mi familia para irme a campo o a clases me levantó y me seco las lágrimas.



AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ingeniero Mario Añazco quién como un padre y maestro estuvo apoyándome y exigiéndome, siempre creyendo en mí a pesar del tiempo, sabía que el trabajo que planteamos desde el inicio era una investigación realmente valiosa, le agradezco infinitamente por su fe y calidad, por ser la semilla y el abono de esta investigación, su conocimiento me hizo salir de mi zona de confort.

A la XXX por ser incondicional es mi maestra, amiga y guía en mi trabajo desde el inicio, dándome sus consejos académicos y como madre, por llenar esas horas de correcciones en risas y sobre todo por su consideración hacia mí, le agradezco el tiempo y sabiduría brindados.

A mi esposo e hijo por brindarme su apoyo incondicional, amor, fuerza y aliento para continuar, graduarme y seguir con más retos, ellos sabían de mi día a día de todo lo que tenía que hacer de mis corre corre, jamás dejaron de creer que yo podía lograrlo. Mi esposo quién muchas veces se comportó como mi director exigiéndome que pueda y lo debo acabar.

A la Prefectura de Imbabura, propietario de la hacienda el Pailón, a la junta 6 de Julio de Cuellaje por ser parte de mi investigación colaborándome con los diferentes materiales, movilización, mano de obra.

Agradezco a mis familiares mi madre Conchita, mi padre Paul, Abuelita Tere, Abuelito Mikel, Tío Juan, mi hermana Gaby por sus palabras de aliento, por siempre estar pendientes de que necesito de donde estoy de cómo voy con lo que infiere a la universidad, su preocupación y atención daban una línea más de batería en mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte dirección de Ingeniería Forestal por su apoyo, gestión y oportunidad, a los docentes que me acompañaron en este proceso cada uno con su granito de arena, principalmente a mi director y excompañero Ing. Guillermo Varela, muy gratificante para mí que él sea quién llegue conmigo hasta el final.



RESUMEN

Guadua angustifolia es nativa de Ecuador, crece de manera natural formando manchas y bordeando cauces hídricos; sin embargo, se han realizado escasas investigaciones sobre el manejo silvicultural de esta especie, sobre todo en lo que respecta a sus fenotipos y fertilización. El objetivo general fue evaluar el crecimiento inicial de tres fenotipos de bambú *Guadua angustifolia* con fertilización química y orgánica, en la zona de Intag: se planteó como específicos a) determinar la adaptabilidad de tres fenotipos de *Guadua angustifolia* en El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje y b) comparar el efecto de la aplicación de fertilizante químico y orgánico en el crecimiento inicial de los fenotipos de bambú en los sitios de estudio. El estudio se realizó en Intag, parroquias Peñaherrera (El Cristal) y 6 de Julio de Cuellaje, del cantón Cotacachi - Imbabura. Se estableció una plantación con tres fenotipos de *Guadua angustifolia*, con cuatro tipos de fertilización química, orgánica, química + orgánica y un testigo. En cada sitio se realizó un ensayo donde se distribuyeron de manera aleatoria las doce combinaciones posibles entre fenotipos y fertilizantes. Cada combinación tuvo 10 plantas, dando un total de 120 plantas por cada ensayo y 240 entre los dos. En la evaluación al año de la plantación se obtuvo una sobrevivencia promedio fue de 25.83% y 25.00% para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente; además se evidenció una mortalidad absoluta en la fertilización B2 (Testigo). En lo que respecta a la altura se obtuvo en promedio de 34.43 cm y 32.25 cm para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje y de diámetro de 8.00 cm y 8.64 cm para los dos sitios respectivamente. El comportamiento general de *Guadua angustifolia* fue similar en los sitios seleccionados. El comportamiento de los fenotipos y de las fertilizaciones fue estadísticamente similar, siendo diferente únicamente la fertilización B2 (Testigo) que no presentó sobrevivencia de las plántulas de *Guadua angustifolia*.

Palabras clave: Crecimiento inicial, adaptabilidad, sobrevivencia, estado fitosanitario.



ABSTRACT

Guadua angustifolia is native to Ecuador, growing naturally in patches and along waterways; however, little research has been conducted on the silvicultural management of this species, especially with regard to its phenotypes and fertilization. The general objective was to evaluate the initial growth of three *Guadua angustifolia* bamboo phenotypes under chemical and organic fertilization in the Intag area. The specific objectives were a) to determine the adaptability of three *Guadua angustifolia* phenotypes in El Cristal and 6 de Julio de Cuellaje, and b) to compare the effect of applying chemical and organic fertilizers on the initial growth of the bamboo phenotypes at the study sites. The study was carried out in Intag, Peñaherrera (El Cristal) and 6 de Julio de Cuellaje parishes, in the Cotacachi - Imbabura canton. A plantation was established with three phenotypes of *Guadua angustifolia*, with four types of fertilization: chemical, organic, chemical + organic, and a control. A trial was conducted at each site, randomly distributing the twelve possible combinations of phenotypes and fertilizers. Each combination had 10 plants, giving a total of 120 plants per trial and 240 plants combined. One-year evaluations of the plantation showed average survival rates of 25.83% and 25.00% for El Cristal and 6 de Julio de Cuellaje, respectively; absolute mortality was also observed with the B2 fertilization (control). Average heights were 34.43 cm and 32.25 cm for El Cristal and 6 de Julio de Cuellaje, and diameters were 8.00 cm and 8.64 cm for the two sites, respectively. The overall performance of *Guadua angustifolia* was similar at the selected sites. The behavior of the phenotypes and fertilizations was statistically similar, being different only the B2 fertilization (Control) that did not show survival of the *Guadua angustifolia* seedlings.

Keywords: Initial growth, adaptability, survival, phytosanitary status.



LISTA DE SIGLAS

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

PFNM: Producto forestal no maderable

IEE: Instituto Espacial Ecuatoriano

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

CGSIN: Coordinación General del Sistema de Información Nacional

sp.: Especie



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DIRECTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE SIGLAS.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
CAPÍTULO I.....	15
1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Problema de investigación.....	18
1.3 Formulación del problema.....	19
1.4 Justificación	19
1.5 Objetivos.....	20
1.5.1 Objetivo General.....	20
1.5.2 Objetivos Específicos	21
1.6 Preguntas de investigación.	21
CAPÍTULO II.....	22
2 MARCO TEÓRICO	22
2.1 El bambú.....	22



2.1.1	Aspectos generales	22
2.1.2	Género <i>Guadua</i>	23
2.1.2.1	<i>Guadua angustifolia</i>	23
2.1.2.2	<i>Fenotipos</i>	24
2.2	Fertilización	25
2.2.1	Fertilización química	26
2.2.2	Fertilización orgánica	27
2.2.3	Fertilización en bambú	28
2.2.3.1	<i>Fertilización en Guadua angustifolia</i>	30
CAPÍTULO III		31
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1	Tipo de investigación según los siguientes criterios:	31
3.2	Ubicación del lugar.....	31
3.3	Caracterización edafoclimática del lugar	33
3.4	Materiales, equipos y software	33
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos.....	34
3.5.1	Estadística (no experimental):	34
3.6	Instalación.....	35
3.6.1	Establecimiento de los ensayos en campo	35
3.6.2	Plantación	35
3.6.3	Fertilización	37
3.6.4	Mantenimiento.....	38
3.6.5	Recolección de información	39
3.7.1	Objetivo 1: Adaptabilidad de tres fenotipos de <i>Guadua angustifolia</i>	39
3.7.1.1	<i>Sobrevivencia</i>	39
3.7.2	Estado fitosanitario	40
3.7.3	Objetivo 2: Crecimiento de <i>Guadua angustifolia</i> con cuatro fertilizaciones..	40



3.7.3.1	Altura.....	40
3.7.3.2	Diámetro.....	40
3.8	Procedimiento y análisis de datos.....	41
CAPITULO IV		42
4	RESULTADOS	42
4.1	Supuestos estadísticos.....	42
4.2	Resultados para el objetivo 1: Adaptabilidad de tres fenotipos de <i>Guadua angustifolia</i>	44
4.2.1	Sobrevivencia	44
4.2.2	Estado fitosanitario	46
4.3	Resultados para el objetivo 1: Crecimiento de <i>Guadua angustifolia</i> con cuatro fertilizaciones.....	47
4.3.1	Altura	47
4.3.2	Diámetro	49
4.4	Prueba de T de Student.....	51
CAPÍTULO V.....		53
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1	Conclusiones.....	53
5.2	Recomendaciones	53
CAPÍTULO VI.....		54
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPÍTULO VII.....		65
7	ANEXOS	65



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de tres fenotipos de <i>Guadua angustifolia</i>	25
Tabla 2 Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.	33
Tabla 3 Simbología.....	34
Tabla 4 Dosis de fertilizantes	38
Tabla 5 Criterios de calificación.....	40
Tabla 6 Prueba de T de Student.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del sitio I “El Cristal”	32
Figura 2 Ubicación del sitio II “Cuellaje”	32
Figura 3 Croquis de campo.....	35
Figura 4 Área de instalación del ensayo sitio I.....	36
Figura 5 Área de instalación del ensayo sitio II	37
Figura 6 Normalidad de las variables de adaptabilidad.....	43
Figura 7 Normalidad de las variables de crecimiento	44
Figura 8 Valores medios de sobrevivencia en porcentaje de fenotipos de bambú aplicando fertilización.....	45
Figura 9 Valores medios de estado fitosanitario de fenotipos de bambú aplicando fertilización.....	47
Figura 10 Valores medios de altura de fenotipos de bambú aplicando fertilización.....	48
Figura 11 Valores medios de diámetro de fenotipos de bambú aplicando fertilización.	50



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo sitio I (El Cristal – Peñaherrera)	65
Anexo 2. Análisis de suelo sitio I (6 de Julio de Cuellaje).....	66
Anexo 3. Ficha de observación para el registro de datos	67
Anexo 4. Supuestos estadísticos.....	67
Anexo 5. Registro fotográfico	68



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las especies cuyo nombre común es bambú pertenecen a la familia Poaceae, las cuales se agrupan bajo esta denominación debido a que comparten características morfológicas, taxonómicas, anatómicas y silviculturales. Existen 90 géneros y 1100 especies, generalmente en las regiones tropicales y templadas. Estos son reconocidos por su acelerado crecimiento en altura, gran resistencia y su utilización para fines ambientales, económicos, sociales y comerciales (Londoño, 2002).

En el contexto global, China y Japón son los países que conocen con más amplitud el cultivo de bambú, debido a que dentro de su territorio han establecido plantaciones con fines de recuperación de suelos y protección – conservación de cursos de agua, de tal manera que se han incrementado plantaciones de esta especie en zonas frágiles (Cooper, 2005); cabe mencionar que, los bambúes son un grupo de especies importante dentro de la flora natural de varias regiones tropicales y subtropicales.

Los bambús son especies cuyo uso está ampliamente difundido en Asia, con varios fines como alimento del ganado, ropa, medicinas, instrumentos, construcción, utensilios de cocina, artesanías, entre otros. En América se han identificado 21 géneros y 345 especies las cuales se puede aprovechar de manera sustentable; ahora bien, la deficiencia de investigación completa de estas especies ha provocado que las áreas que cuentan sean invadidas por uso agrícola y deforestación, además de ser afectadas por incendios. Culturalizar, educar a la población e identificar áreas que contengan bambús, será un gran paso para poder reemplazar en un futuro a la madera por el bambú (Mercedes, 2006).

En cualquier lugar que exista bambú, hay personas que dependen en su totalidad o en parte de este recurso, esto debido a que se trata de un cultivo de subsistencia, y también una fuente muy importante de ingresos para las personas con oportunidades muy limitadas para obtener ingresos económicos (Yangjing, 2003).



En lo referente a los fenotipos Montiel *et al.* (2006) explican que existen escasos estudios sobre éstos en la especie *Guadua angustifolia*, sin embargo, al realizar una investigación para caracterizar de forma anatómica ultraestructural a las variantes de la especie, registraron que los fenotipos “sur” o “mansa”, “atlántica” o brava y “cebolla” presentan diferencias a nivel de los tricomas, siendo ésta una característica importante para la diferenciación taxonómica de bambú.

El uso del bambú tiene un impacto ambiental positivo como la disminución del dióxido de carbono atmosférico (gas vinculado al efecto invernadero y al calentamiento global). De acuerdo a datos de plantaciones de bambú *Guadua* en China cada hectárea captura 17.4 toneladas métricas anuales, esto se realiza por el proceso fisiológico de apertura de estomas lo que permite la circulación de gases y por ende la fijación de CO₂, lo que indica que es una especie potencial para la captura de carbono (Quintans, 1998).

El Ecuador tiene siete géneros y 44 especies nativas de bambúes de las cuales 11 son endémicas, los géneros sobresalientes son *Arthrostylidium* (tres spp.), *Aulonemia* (cinco spp.), *Chusquea* (18 spp.), *Guadua* (cinco spp.), *Neurolepis* (11 spp.), *Rhipidocladum* (una spp.) y *Rhipidocladum* (una spp.), la mayoría de las especies leñosas se encuentran en las provincias de Loja, Napo, Chimborazo, Azuay y Pichincha (Añazco y Rojas, 2015).

En Costa Rica 2016, se investigó sobre el carbono y biomasa en plantaciones de bambú, usando tres especies “*Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua angustifolia* y *Guadua aculeata*”, aplicando para biomasa método destructivo (cosecha de material peso húmedo, en donde resultó que el carbono almacenado por hectárea es superior en *Dendrocalamus latiflorus* con 186.73 Mg/ha. y las otras dos especies juntas 117.74 Mg/ha; cabe mencionar que el 87% del carbono contenido en la biomasa se encuentra en los culmos (Fonseca, y Rojas, 2016). En este contexto, se evidencia que el establecimiento de plantaciones de bambú contribuye a mitigar los efectos del cambio climático.

Guadua angustifolia es nativa de Ecuador, crece de manera natural formando manchas y bordeando cauces hídricos, es atractiva para los cultivadores por la capacidad de desarrollo, debido a que logra alcanzar hasta 25 cm de diámetro y 30 m de altura; por tal motivo permite ser aprovechada en tiempo corto y entregando múltiples opciones de



usos, como instrumentos musicales, mueblería, objetos decorativos, tinglados para la protección de plántulas en los viveros, estabilizador hidrológico, gran captador y almacenador de dióxido de carbono, convirtiéndola en una especie y género futurista reemplazando a la madera (Añazco y Rojas, 2015).

En este contexto, Sánchez (2010) menciona que el aprovechamiento óptimo de los culmos o cañas de bambú se realizan entre los 4 y 6 años, debido a que a esta edad se ha adquirido la máxima resistencia mecánica, sobre todo si su destino es la construcción u otros fines estructurales.

En Junín – Perú, Montalvo (2021) realizó un estudio de conteo de brotes por planta de bambú, aplicando fertilizantes en base de NPK + micronutrientes: Nitrofoska, Bayfolan y Yaramila Complex, durante un tiempo de 5 meses, evaluando diferentes aspectos para determinar las dosis correctas e influencia en las plantas, con cada dosis de fertilizante, donde se obtuvieron los mejores resultados con la aplicación del abono hidrosoluble Bayfolan en lo que respecta a número de brotes, área foliar, número de hojas, diámetro y altura; por lo que se recomienda aplicar 100g por planta.

En el 2011, en el Municipio de Chietla - México, investigadores de la Universidad Autónoma Indígena de México realizaron un estudio enfocado en cuál de las formas de propagación convencional entre chusquines, varetas y segmento nodal, es más rápida y eficiente el momento de propagar en gran escala comercial. Se evaluaron con tres especies *Bambusa vulgaris*, *Bambusa oldhamii* y *Guadua angustifolia*, aplicando diferentes sustratos y evaluando algunos factores en el desarrollo como número de raíces, brotes, longitud de raíz, diámetro, altura y número de hojas. Se concluyó que el mejor método de propagación es por chusquines para el sector comercial; mientras que, en lo que respecta a especies para establecimiento de especies se destacan *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (Lárraga, et al., 2011).

Por su parte, Aguirre (2022) realizó una investigación respecto a la fertilización fosfórica en la fase madura de *Guadua angustifolia* con la aplicación de tres dosis de Super Fosfato Triple (30 - 60 y 90 Kg/ha) en suelos degradados de la zona de Pucallpa – Perú; se registraron los mejores resultados en cuanto a crecimiento con la aplicación de 60 kg/ha.



Así también, Silva *et al.* (2020) realizaron una investigación en Rodríguez de Mendoza, Amazonas-Perú con la finalidad de evaluar la eficiencia de la fertilización química y orgánica en la producción de plantones *Guadua*; la evaluación se realizó en las etapas de bancos de propagación, repique y camas de crecimiento. Los resultados en bancos de propagación indicaron que los fertilizantes Fosfato di amónico y Humus tuvieron un efecto significativo en la producción de brote; mientras que la mejor rentabilidad económica se obtuvo aplicando Fosfato di amónico. En este sentido se aprecia existe una incidencia de la fertilización orgánica e inorgánica en el crecimiento de bambú, por lo que es necesario realizar investigaciones en otras etapas de desarrollo.

1.2 Problema de investigación

El bambú presenta especies importantes en el neotrópico debido a su relevancia económica, social y ecológica; se emplea como sustituto de especies maderables forestales, en lo que respecta a producción de energía, construcción, alimentos, pulpa y papel, así como almacenamiento de carbono (Sánchez *et al.*, 2023). No obstante, a su relevancia y potencial comercial, existen limitados estudios respecto a la sobrevivencia y adaptabilidad en plantaciones de bambú, sobre todo en la especie *Guadua angustifolia* (Ely *et al.*, 2017). Es preciso tener en cuenta que, *Guadua angustifolia* presenta una alta diversidad genética, por lo que posee diversos fenotipos o variedades (Rugeles *et al.*, 2012).

Cabe mencionar que, a pesar de la importancia de la fertilización, existe desconocimiento con respecto a el efecto de la misma, sobre todo a nivel intensivo en plantaciones de bambú tanto al utilizar enmiendas orgánicas e inorgánicas (Li *et al.*, 2022). Sin embargo, se debe tener en cuenta que si se realiza aplicaciones excesivas de fertilizantes se puede acarrear problemas de contaminación ambiental, tanto en el propio suelo, como en fuentes de agua debido a la lixiviación; además de un incremento en los costos, lo que afecta a la economía y baja la rentabilidad económica de la plantación (Ren *et al.*, 2020, como se citó en Yang *et al.*, 2022).

En Ecuador, se han realizado escasas investigaciones sobre el manejo silvicultural de *Guadua angustifolia*, sobre todo en lo que respecta a sus fenotipos y tratamientos de fertilización, a pesar de ser una especie tradicionalmente empleada en zonas rurales. En



este contexto, se debe considerar que en la zona de Intag existen áreas importantes de bambú en algunos sectores como en las comunidades de Naranjito, Cielo Verde pertenecientes a la parroquia García Moreno, el Cristal perteneciente a la parroquia de Peñaherrera y 6 de Julio de Cuellaje. Se debe considerar que esta especie es empleada en varios sistemas de producción; las poblaciones naturales son eliminadas, debido al desconocimiento de los beneficios ecológicos y subvaloración de su potencial económico.

Frente a los problemas causados por la deforestación que se presentan en la zona de Intag es preciso contar con alternativas de conservación y producción, donde *Guadua angustifolia* puede jugar un papel relevante, sin embargo, el desconocimiento sobre el manejo silvicultural limita su producción; además se desconoce sobre los fenotipos o variedades que se adaptan a las condiciones de suelo y clima, así como como el uso y aplicación correcta de la fertilización.

1.3 Formulación del problema

Se desconoce la adaptación de los fenotipos de bambú a las condiciones climáticas y edafológicas en la zona de Intag, particularmente en las parroquias Peñaherrera y 6 de Julio de Cuellaje.

1.4 Justificación

El bambú presenta diversos usos y es una alternativa a la explotación forestal, por lo que puede contribuir a prevenir la deforestación, ya que presenta un potencial de uso en diferentes ámbitos como es la construcción, artesanías entre otros (Bala y Gupta, 2023). Se debe considerar que, entre los diferentes bambúes, el género *Guadua* es el más representativo en América Tropical. Además, posee uno de los mayores impactos en las actividades antropogénicas, debido a que incluye a las especies más grandes y de mayor importancia económica de la región (Londoño 2002). Carmiol (2009) propone el establecimiento de plantaciones de *Guadua* en regiones subtropicales y tropicales con la finalidad aliviar los impactos de la deforestación, proteger los suelos de la erosión, y la restauración ecológica e hidrológica de ecosistemas.

Cabe destacar que las especies pertenecientes al género *Guadua*; *G. angustifolia* es una de las más cultivadas (Montiel, Jiménez y Guevara, 2006), por lo que sobresale como



una de las 20 especies prioritarias registradas de bambú, debido a ser la más útil en América Latina (Saavedra *et al.*, 2023). Esta especie conforma una parte fundamental en lo que respecta los aspectos tradicionales, históricos, culturales económicos y de conservación, ya que sus bosques cumplen funciones ecológicas, económicas y sociales que benefician a la población de la región (Peña *et al.*, 2021).

Así también se debe tomar en cuenta que en el manejo intensivo de las plantaciones forestales incluido bambú, se puede considerar la aplicación de fertilización inorgánica y/o orgánica, con la finalidad de mejorar el crecimiento de los individuos plantados; sin embargo, las prácticas de manejo alteran significativamente las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo (Zhou *et al.*, 2021). A su vez se debe tener en cuenta que el bambú se caracteriza por poseer brotes de "crecimiento explosivo" cuyo comportamiento depende de los nutrientes suministrados por la planta madre y el suelo (Yang *et al.*, 2022).

En el presente estudio se pretende generar información sobre cuál es el fenotipo de *Guadua angustifolia* que mejor se adapta a las condiciones de suelos de dos sitios de la zona, así como también, con la aplicación de fertilizantes donde se probará el efecto tanto de abonos orgánicos y químicos en cada sitio investigado; de tal manera que, se contribuya con la información silvicultural de la especie. Este conocimiento permitirá, a futuro promover el establecimiento de plantaciones de bambú.

Además, se pretende obtener información respecto a la sobrevivencia, con la finalidad de determinar el uso efectivo y diverso del fenotipo, de tal manera, que se puedan realizar recomendaciones sobre el o los fenotipos a propagar. Con el fin de que se incremente el cultivo de bambú en áreas de condiciones edafoclimáticas similares a las del sitio de estudio y de esta forma los productores se pueden beneficiar económica, social y ambientalmente.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Evaluar el crecimiento inicial de tres fenotipos de bambú *Guadua angustifolia* con fertilización química y orgánica, en la zona de Intag.



1.5.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar la adaptabilidad de tres fenotipos de *Guadua angustifolia* en El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje.
- Comparar el efecto de la aplicación de fertilizante químico y orgánico en el crecimiento inicial de los fenotipos de bambú en los sitios de estudio.

1.6 Preguntas de investigación.

- ¿Qué fenotipo presento mejor adaptabilidad de acuerdo a las condiciones en los sitios de estudio?
- ¿Qué fertilizante tiene obtuvo mejor efecto en el crecimiento inicial de los fenotipos de bambú con la aplicación de los fertilizantes químico y orgánico?



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 El bambú

2.1.1 Aspectos generales

El bambú pertenece taxonómicamente a la familia Poaceae Bambusoideae subfamilia de las gramíneas, conocido como “acero vegetal” gracias a su elevada maleabilidad y fortaleza (Césare y González, 2020). Los bambúes presentan una gran diversidad, desde plantas pequeñas con culmos (tallos) de 0.5 cm de diámetro y 1.0 m de altura, hasta de gran tamaño de alrededor de 30 cm de diámetro y 25 m de altura (Aguirre *et al.*, 2018).

Con una concentración del 67% en el Pacífico asiático, las especies del bambú se presentan en diversas partes del mundo excepto por Europa donde no se registran especies nativas, mientras que, un 30% se encuentra en América y con un 3% en el continente Africano (Huang, 2019).

Los bambúes se consideran como plantas multifuncionales que poseen los crecimientos de mayor celeridad del mundo. Las especies bajo este nombre han desempeñado un rol trascendental en el diario vivir de millones de personas en los países tropicales, donde proporciona beneficios ambientales, sociales y económicos (Ahmad *et al.*, 2021). Como un elemento barato y de amplia distribución el bambú con su tallo de gran aguante y dúctil, posee una utilidad al capturar carbono lo que permite la restauración del suelo (Nkeuwa *et al.*, 2022, Bala y Gupta, 2023).

El comercio internacional del bambú presenta un movimiento anual de 60 millones de dólares, es uno de los materiales vinculados a la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, ya que es una alternativa sustentable para componentes con gran impacto en el efecto invernadero como, el aluminio, acero, PVC y hormigón (Duarte, 2019).

Ecuador es uno de los países en donde esta especie es nativa y se encuentra en manchas y bordeando cauces hídricos de forma natural, siendo atractiva para los



cultivadores por la capacidad de desarrollo, como rápido crecimiento, con culmos que alcanzan los 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro, por tal motivo permite ser aprovechada en tiempo corto y entregando múltiples opciones de usos, como instrumentos musicales, mueblería, objetos decorativos, tinglados para la protección de plántulas en los viveros, estabilizador hidrológico, gran captador y almacenador de dióxido de carbono, convirtiéndola en una especie y género que a futuro reemplazando a la madera (Añazco y Rojas, 2015).

2.1.2 Género *Guadua*

Repartida por Latinoamérica principalmente con su medio de variedad localizado en Sudamérica *Guadua* conforma una de las seis especies de la subcategoría *Guaduinae*, esta abarca a los 33 tipos de *Guadua* desde México hasta Argentina (Pérez *et al*, 2021). Este género es frecuente en ambientes húmedos como bosques montañosos bajos, entre otros, por lo que se extiende alrededor de cienos de miles de kilómetros cuadrados (Ruiz *et al*, 2021).

Los cultivos de *Guadua* se desarrollan de manera favorable en los márgenes de los ríos y quebradas, por lo que no requiere mantenimiento o este es mínimo, además al crecer en áreas que no se consideran de uso agrícola, no presentan conflicto con la producción agropecuaria, además sus formaciones sirven de escudo ante deslaves y desplazamientos de tierra (Carmioli, 2009).

2.1.2.1 *Guadua angustifolia*

Guadua angustifolia Kunth es considerada la especie más importante del género por su gran valor comercial al ser un producto forestal no maderable (PFNM) posee un índice de desarrollo de 11 a 21 cm al día (Muñoz *et al.*, 2021) alcanza su altura final en seis meses y llega a la madurez entre los 4 a 5 años (Riaño *et al.*, 2003).

Es un bambú leñoso y espinoso; con presencia de rizomas paquimorfos. Culmo de 15 a 27 m de altura, de 7 a 17 cm diámetro, entrenudos huecos, con longitudes entre 10 a 33 cm. Hoja caulinar coriácea, deciduas, de color café rojizo, vaina con dos tipos de pubescencia (pelos cortos, tomentosos y pelos hispídicos, rígidos, removibles). Hoja foliar con lámina linear lanceolada con la vaina glabrescente. Inflorescencia en pseudoespiguilla (Londoño, 2010).



En una plantación donde se probó el crecimiento de cuatro especies en un clima cálido subhúmedo, una precipitación media anual de 800 - 1000 mm y temperaturas entre 14 - 36 °C; se obtuvieron los siguientes resultados: sobrevivencia a los 400 días 62%, incremento en altura entre los 40-400 días 0.81 m, incremento de diámetro en la base del tallo 4.48-5.93 mm, incremento medio anual 5.41 mm año⁻¹ (Muñoz *et al.*, 2021)

Asociado a los medios húmedos, tropical y de mínima altitud, *G. angustifolia* posee un crecimiento óptimo entre 1000–1300 m s. n. m, más este se encuentra menguado por 1800 m s. n. m. entre las zonas tropicales de los países sudamericanos Ecuador, Colombia y Venezuela (Ely *et al.*, 2017). A parte de requerir pocos cuidados los bambúes *G. angustifolia* se desarrollan en suelos con un pH de 5.5 a 7.0 a 60cm de profundidad, lo que permite una rápida recolección y restauración por hectárea (Compendio CABI, 2022, Saavedra *et al.*, 2023). En cuanto a la textura del suelo la especie presenta un amplio rango que va desde suelos franco-arenosos hasta suelos con mayor contenido de acillas (Hernández *et al.*, 2021).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, los ecosistemas de *G. angustifolia* son vulnerables al cambio climático, en particular al aumento de la temperatura siendo las plantas aisladas y los monocultivos los más susceptibles a estos cambios; cabe mencionar que la adaptabilidad de esta especie se encuentra íntimamente ligado a los factores climáticos como la precipitación, ya que no tolera sequías (Añazco, 2019).

Según IEE – MAGAP – CGSIN (2014) en el cantón Cotacachi, zona de Intag dentro de las áreas clasificadas como “Sistema Productivo del Agro Marginal” la caña guadua o bambú con fines de producción y/o protección ocupa un área de 41.79 ha. Es preciso mencionar que, la Prefectura de Imbabura en el 2017, consideró a la guadua para la protección de las riberas del Rio Apuela en la zona de Intag (GAD Provincial Imbabura, 2017).

2.1.2.2 Fenotipos

La elaboración de planes a futuro para el avance genético de la especie se hace posible gracias a, la elevada variedad genética, esto debido a una preservación de variabilidad y el sustento para los componentes (Montiel *et al.*, 2006). Las características de los fenotipos conocidos de *G. angustifolia* se presentan a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1**

Características de tres fenotipos de Guadua angustifolia

Fenotipo	Otros nombres	Características botánicas	Características dasométricas	Otras características
Mansa	Sur	Culmos delgados y sin yemas en el tercio central del culmo: no tener espinas y los entrenudos basales normalmente son cortos y torcidos.	Altura de los culmos 18-25 m; diámetro 12.5-15 cm; largo del entrenudo 20 cm.	Facilita el manejo para los jornaleros principalmente en el tiempo de cosecha.
Brava	Atlántica	Culmos gruesos con yemas en los tercios superior e inferior; la presencia de espinas en las ramas basales y apicales.	Altura de los culmos 20-25 m; diámetro 15 cm; largo del entrenudo 25 cm.	Muy apreciada por su resistencia estructural y a las plagas, ideal para reforestación en microcuencas.
Bicolor	Cebolla	Culmos más gruesos que los anteriores, un poco deformes, con yemas sólo en el tercio inferior.	Altura de los culmos de 25 m o más; diámetro de hasta 20 cm; largo del entrenudo 12 cm.	

Nota: Los culmos son cada uno de los tallos

Fuente: (Montiel *et al.*, 2006, Añazco y Rojas, 2015).

Cabe mencionar que, las tres variaciones presentan en los nudos inferiores, yemas que producen ramas con múltiples espinas (Montiel *et al.*, 2006).

2.2 Fertilización

Estudios arqueológicos demuestran que alrededor de los años 5400-4500 A.C., etapa conocida como Neolítico temprano y medio, se descubrió que los suelos de dicha época ya se fertilizaban, descubrimiento realizado en loess (depósito sedimentario de material arcilloso o limoso que se forma por la acción del viento) que se encontraban cerca de asentamientos humanos, en los cuales se realizaban cultivos intensivos (Scharl *et al.*, 2023).

Así también, en relictos del suelo desde el Neolítico y la Edad de Bronce con base a los resultados proporcionados por los estudios de carbón y estiércol se determinó que, los suelos de la época prehistórica eran mejores para el cultivo debido a, sus altos niveles de fósforo (P) extraíble y fósforo inorgánico lo que lleva concluir que se realizaron



proceso de mejora del suelo mediante la aplicación de carbón y estiércol (Lauer *et al.*, 2014).

La aplicación de fertilización incide directamente en el incremento del desarrollo de cultivos y mejora la fertilidad general del suelo; además se debe recalcar que es importante investigar las proporciones o dosis que se aplican el suelo en función de un análisis previo (Bhunja *et al.*, 2021). Los resultados del uso de fertilizantes ya sea orgánico o inorgánico de manera regulada indican un incremento de tierra fértil y un aumento en la rentabilidad, siendo mejor la aplicación de la fertilización combinada (Desalegn, 2022).

En este sentido se debe considerar que la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos mejora el contenido de materia orgánica del suelo, el nitrógeno total y la calidad general del suelo en términos generales (Efthimiadou *et al.*, 2010). Esta estrategia de gestión integrada de nutrientes conduce a un aumento de los rendimientos de los cultivos, las tasas de fotosíntesis y los índices de sostenibilidad en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes orgánicos o inorgánicos (Jamal *et al.*, 2019)

Si bien los fertilizantes orgánicos mejoran las propiedades físicas y biológicas del suelo, tienen un menor contenido de nutrientes; los fertilizantes inorgánicos proporcionan nutrientes fácilmente disponibles, pero pueden provocar la degradación del suelo y problemas ambientales cuando se usan exclusivamente (Roba, 2018)

Mientras se tiene en cuenta las consecuencias del uso de fertilizantes a gran escala, a su vez se entiende que al implementarlos correctamente puede traer beneficios tanto monetarios como económicos, ya que, se incrementa el potencial de desarrollo y la regeneración del terreno al mismo tiempo que, eso permite em incremento del entorno tanto en su tamaño como territorio (Gallo *et al.*, 2021). Puede ser perjudicial para los suelos la fertilización prolongada ya que se llega a reducir los elementos orgánicos y la disposición de macro agregados (Kemner *et al.*, 2020).

2.2.1 Fertilización química

El uso de fertilizantes nitrogenados con minerales fósforo, potasio y boro si se lo aplica de manera regulada, llegan a ser de utilidad por su capacidad de incrementar la



capacidad de desarrollo de los bosques y la captura de carbono de los mismos (Mukhortova *et al.*, 2023).

En función de soporte para las primeras etapas de desarrollo de un árbol utiliza fertilizantes artificiales posteriormente o durante la plantación, de esta manera, se estimula el crecimiento de la planta, aunque, dependiendo de la región y época los procedimientos de fertilización forestal son diversos, pese a que, cada vez es menos frecuente el uso de estos para el incremento de la vegetación (Baláš *et al.*, 2024).

Sin embargo, la fertilización no siempre produce resultados positivos; en una plantación de *Nothofagus dombeyi*, la fertilización química temprana no mostró beneficios significativos en el crecimiento a largo plazo e incluso disminuyó las tasas de supervivencia en dosis altas (Donoso *et al.*, 2009).

Para la fertilización química es usual el uso de mezclas tal es el caso de 10-30-10, un compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio, que presenta una proporción de 10 partes de N, 30 partes de P_2O_5 y 10 partes de K_2O , es un fertilizante granulado, con un alto contenido de fósforo, elemento esencial para desarrollo de radicular; además de presentar niveles de N y K balanceados (Agripac, 2023).

Así también, se debe recalcar que en la actualidad se busca darle a la planta una aplicación balanceada de nutrientes en pocas o solo una aplicación, por lo que el uso de mezclas de fertilizantes como es el caso de 10-30-10 que se ajustan a diferentes cultivos y suelos, se mejora la fertilidad del suelo, además algunas casas comerciales agregan a estas mezclas otros elementos como magnesio y azufre (Fertisa, 2020).

2.2.2 Fertilización orgánica

Si bien posee grandes beneficios para el terreno como un aumento de fertilidad y bienestar del mismo, la implementación de fertilizantes orgánicos no llega a satisfacer plenamente a los usuarios, esto se debe a que emana nutrientes de manera tardía, en especial con la necesidad del nitrógeno, lo que trae un enfoque realista al aplicar la fertilización mixta con la ayuda de fertilizantes inorgánicos (Chatzistathis *et al.*, 2021).



El uso de abonos orgánicos conlleva como beneficio un incremento en el desarrollo de los cultivos gracias a los microorganismos copiotróficos, los cuales generan mayor actividad de ureasa y fosfatasa ácida, a su vez, generan nutrientes beneficiosos para las plantas y el sustento del terreno (Bhunia *et al.*, 2021).

Es requerido mantener un análisis al momento de aplicar fertilizantes orgánicos, para entender los beneficios que promueven ante aquellos de origen inorgánico, ya que, estos llegan a amontonarse y resulta perjudicial tanto para el terreno como al bienestar humano (Chali y Genati, 2021).

El choque generado por la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) es considerando un punto negativo para los fertilizantes orgánicos, pero esto no reduce el mérito que estos tienen al momento de reducir los niveles de carbono gracias a su capacidad de captura de los mismos, a su vez brindar sustento a la tierra, esto depende tanto de la aplicación como las condiciones del ambiente y terreno (Badagliacca *et al.*, 2024).

La incorporación de materia orgánica como enmienda en los suelos presentan beneficios tales como presencia de muchos nutrientes, mejoran la estructura, haciendo sueltos los suelos arcillosos y agrega a los arenosos, previene la lixiviación de agua y nutrientes. Su composición varía en función de su origen, pero está conformado en diferentes proporciones con lignina, hidratos de carbono y proteínas (Osorio *et al.*, 2022).

2.2.3 Fertilización en bambú

Es recomendable abonar con maleza, agujas de pino y hojas viejas los cultivos de bambú, al mismo terreno tomar en cuenta un ambiente óptimo para un desarrollo eficaz, se considera que aplicar fertilizante a los brotes grandes o los de menor tamaño y establecidos durante temporadas lluviosas traen beneficios y un crecimiento prometedor (Nehrling, 1912)

Sin un uso regulado de fertilizante con nitrógeno, genera brotes con fibras de menor tamaño y aquellos con fósforo y potasio consiguen un decrecimiento en las fibras de ciertos tipos de bambú, aun así, estos ayudan con el incremento de nutrientes y el desarrollo tanto del terreno como de los brotes (Xie *et al.*, 2019, Kim *et al.*, 2018).



Se recomienda aplicar abono orgánico en la fase inicial y durante los 2 meses, 6 meses hasta el año de crecimiento, ya sea con (gallinaza, compost, lombricompost u otros) que principalmente contengan nitrógeno, fósforo y potasio. En el caso de utilizar fertilizante químico se recomienda utilizar combinaciones entre (NPK) AL 10-30-10 con úrea al 18-46-0, estas concentraciones dependiendo del resultado del análisis químico (Añazco y Rojas, 2015).

La aplicación a largo plazo de fertilizantes orgánicos puede aumentar significativamente la biomasa, el almacenamiento de carbono y el secuestro anual de dióxido de carbono en los bosques de bambú (Du *et al.*, 2015). Se ha demostrado que los fertilizantes orgánicos pueden mejorar la cantidad de brotes nuevos y el diámetro del culmo, lo que es beneficioso para fines comerciales (Mohamed *et al.*, 2004). Sin embargo, el impacto de los fertilizantes orgánicos en el establecimiento y crecimiento del bambú puede limitarse a los años iniciales de la plantación (Fernández *et al.*, 2003).

Así también, se obtuvo un efecto positivo a la administración sustentable de los cultivos de bambú y su desarrollo mediante la aplicación de fertilizantes nitrogenados en un bosque de bambú del distrito de Lin'an ciudad de Hangzhou, provincia de Zhejiang, China (Yang *et al.*, 2022). Esto debido a que la fertilización puede mejorar la disponibilidad de nutrientes del suelo, que son esenciales para el crecimiento y el rendimiento de especies de bambú, así como su supervivencia (Qian *et al.*, 2022).

La Universidad Agrícola de Me-ling, Nanchang, China, realizó un estudio enfocado en obtener información sobre el efecto de los fertilizantes en los cultivos de bambú, por tal razón procedieron a aplicar diseño de bloques al azar en dos sitios experimentales con seis tratamientos, con cuatro repeticiones. Se determinó que el fertilizante incrementa el diámetro del bambú, aumenta la cantidad y peso de los brotes; así también, la calidad de la planta fue alta. Se evidenció a los dos años de ser establecidos los ensayos que el crecimiento era acelerado. Se concluye que la fertilización balanceada servirá para los planes futuros de manejo de bosques de bambú (Xian *et al.*, 1999).

Es preciso recalcar que, la nutrición de bambú influye directamente en las características de crecimiento e incorporación de biomasa, así como en que las plantas de



bambú sean menos susceptibles al ataque de hongos, por lo que infliere directamente en el estado fitosanitario (Carvalho *et al.*, 2010).

2.2.3.1 Fertilización en *Guadua angustifolia*

El nivel de los biofertilizantes alcanzó los 100ml y un 5% de acumulación del mismo, se obtiene gracias al implementar fertilizantes con 1.5 g de fosfato diamónico y un 0.5% de humus dentro de los 100mL, repartido alrededor de 0.4g por medio o un mes completo con 0.75g a la siembra (Sánchez *et al.*, 2023).

Con un incremento en el movimiento de los microorganismos el cual proporciona grandes beneficios al terreno, el implemento del DAP tiene la función de activar al microbioma, debido a que, este enriquece con nitrógeno, potasio, vitaminas, proteínas y fosforo la tierra lo cual aumenta la fertilidad y el desarrollo de las plantaciones (Villamarin *et al.*, 2023)

Se puede incrementar la dotación de fosforo dentro de los cultivos de bambú y evitar la reducción del mismo al utilizar enmiendas orgánicas de manera que, se consigue mitigar la deficiencia de P (Li *et al.*, 2022). Por su parte, el uso de silicio en el terreno impulsa al desarrollo aéreo y radicular de las plántulas (“chusquines”) de *Guadua angustifolia* (Saavedra *et al.*, 2023).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación según los siguientes criterios:

La investigación fue aplicada en base al método cuantitativo debido a que se realizaron mediciones o cálculos de las variables, tuvo una finalidad aplicada porque se puso en práctica metodologías, técnicas e instrumentos que sirven para obtener información primaria y toma de decisiones respecto al crecimiento de bambú, presentó un alcance exploratorio, debido a que se evaluaron diferentes fenotipos y fertilización de *Guadua angustifolia*. El estudio fue no experimental debido a que no se realizó en condiciones controladas, fue en tiempo sincrónico porque se realizó la evaluación del proceso crecimiento del bambú de diferentes fenotipos y fertilización en dos predios de parroquias rurales del cantón Cotacachi, zona de Intag.

3.2 Ubicación del lugar

- **Política:** El estudio se realizó en los sectores, el Cristal parroquia Peñaherrera y 6 de Julio de Cuellaje, ubicadas a 95 y 114 Km de la cabecera cantonal de Santa Ana de Cotacachi, provincia de Imbabura.
- **Geografía del sitio investigación:** El Cristal se encuentra en la latitud $00^{\circ} - 21' - 53''$ N, y longitud $78^{\circ} 06' 32''$ W, a una altitud de 2243 msnm; mientras que 6 de Julio de Cuellaje se encuentra en la altitud $00^{\circ} 24' 04''$ N, y longitud $78^{\circ} 31' 30''$ W, a una altitud de 1801 msnm.

Figura 1

Ubicación del sitio I “El Cristal”

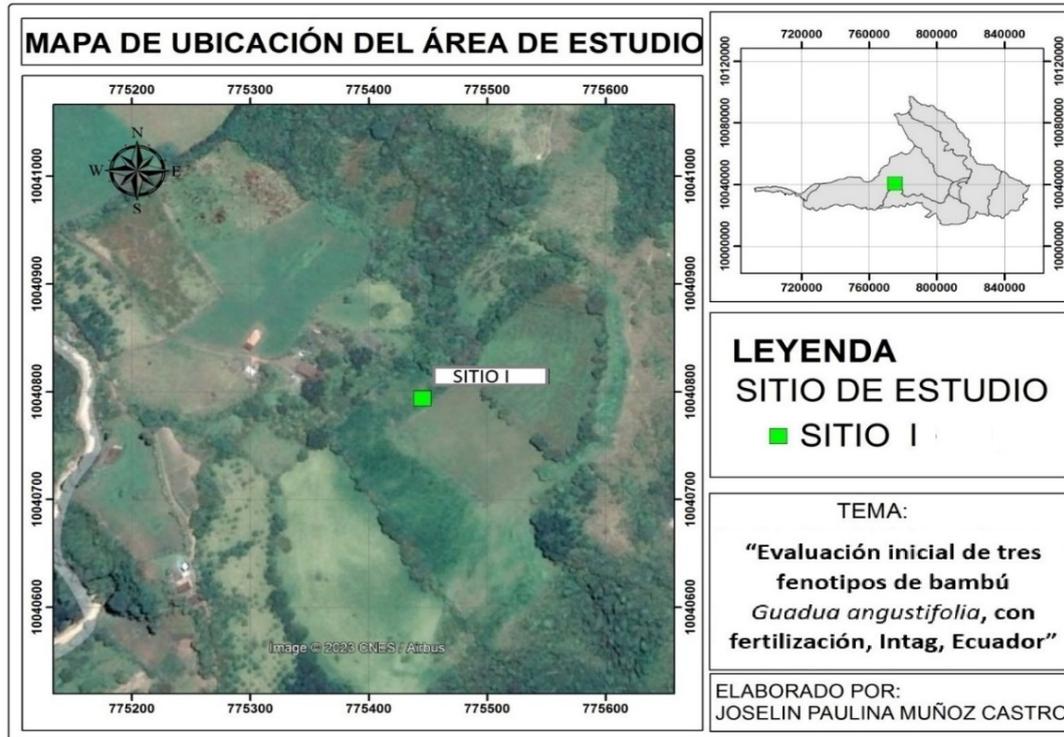


Figura 2

Ubicación del sitio II “Cuellaje”





- **Límites:** La propiedad del Pailón del Diablo ubicada en la comunidad El Cristal colinda al oeste con la vía Peñaherrera-Cristal, al este con el Río Cristopamba, al norte con una propiedad privada de la familia León y al sur con una propiedad privada de la familia Yépez. El sitio de estudio ubicado en la parroquia 6 de Julio de Cuellaje limita al norte y noreste con el Río Cristopamba, al sureste, sur y suroeste con la vía antigua Cuellaje – Pueblo Viejo y al oeste con un área de la Junta Parroquial 6 de Julio de Cuellaje.

3.3 Caracterización edafoclimática del lugar

- **Suelo:** En El Cristal los suelos son limosos-arenosos, ricos en materia orgánica, con pH ligeramente ácido (GAD Peñaherrera, 2015). En Cuellaje el suelo tiene un pH prácticamente neutro, son arenosos, áridos, erosionados, medio en contenido de materia orgánica y pobres en nutrientes (GAD 6 de Julio Cuellaje, 2019) (Agrocalidad, 2018).
- **Clima:** El sector de El Cristal en la parroquia Peñaherrera tiene una precipitación anual de 1284 mm y una temperatura de 17 °C (Vallejos, 2016). Por su parte la parroquia 6 de Julio de Cuellaje tiene una precipitación anual de 1797.2 mm, con una temperatura promedio de 18°C (Imbaquingo y Naranjo, 2010).

3.4 Materiales, equipos y software

Tabla 2

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Equipos	Software
Cinta métrica	Cámara fotográfica	Microsoft Word.
Hoja de campo	Computadora	Microsoft Excel.
Útiles de escritorio	GPS	Microsoft Power Point
Podadora de mano	Balanza	InfoStat
		ArcGis 10.4



3.5 Métodos, técnicas e instrumentos.

3.5.1 Estadística (no experimental):

- **Sitios de estudio:** El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje
- **Elementos a analizar:** Fenotipos y fertilizaciones.
 - Los fenotipos que se estudiaron son caña mansa, caña brava y caña bicolor; mientras que las fertilizaciones fueron: abono químico, abono químico + abono orgánico, testigo y abono orgánico.

Tabla 3

Simbología

Tratamiento	Factor A: Fenotipos	Factor B: Fertilización	Código
T1		(B0) Abono químico	A1B0
T2	(A1) Caña mansa	(B1) Abono químico + abono orgánico	A1B1
T3		(B2) Testigo	A1B2
T4		(B3) Abono Orgánico	A1B3
T5		(B0) Abono químico	A2B0
T6	(A2) Caña brava	(B1) Abono químico + abono orgánico	A2B1
T7		(B2) Testigo	A2B2
T8		(B3) Abono Orgánico	A2B3
T9		(B0) Abono químico	A3B0
T10	(A3) Caña bicolor	(B1) Abono químico + abono orgánico	A3B1
T11		(B2) Testigo	A3B2
T12		(B3) Abono Orgánico	A3B3

Cabe mencionar que se empleó como abono químico 10-30-10 y ur ea; mientras que el abono orgánico fue materia orgánica. Así también se debe aclarar que se establecieron dos ensayos independientes en cada uno de los sitios de estudio.

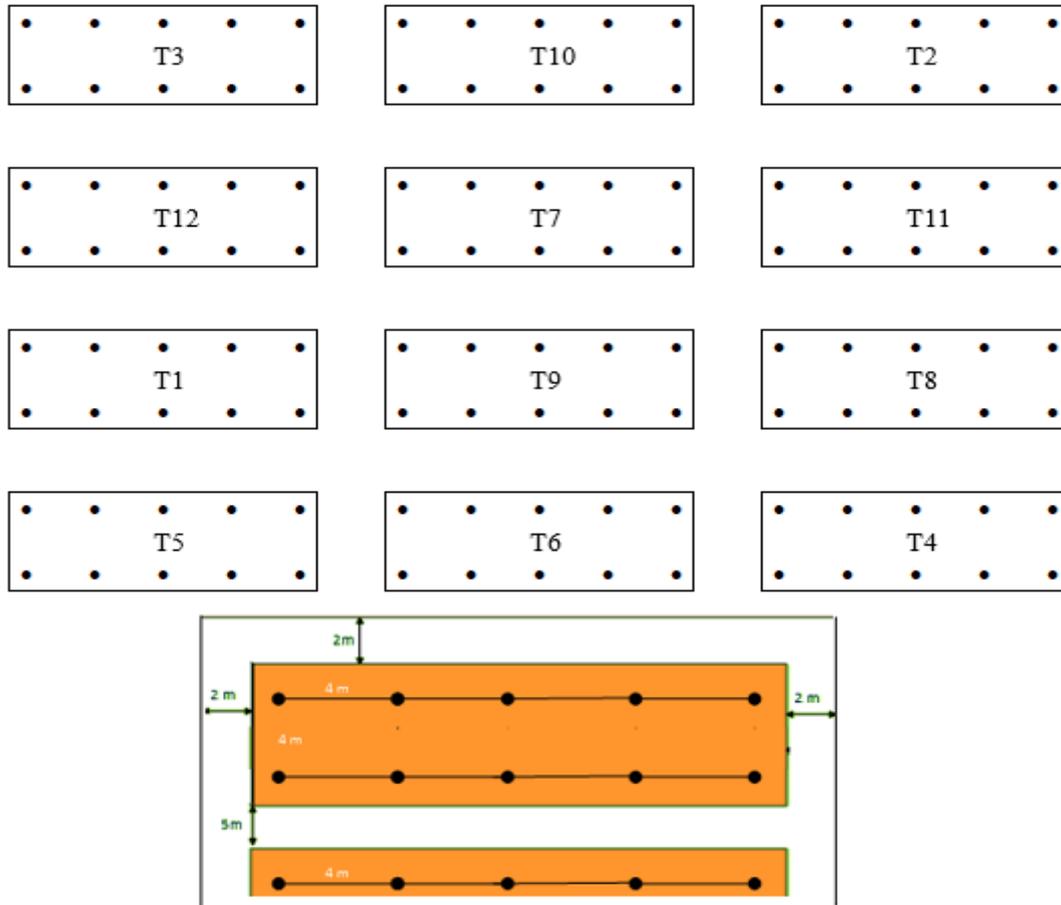
Características de los ensayos: En cada sitio se distribuyeron de manera aleatoria las doce combinaciones posibles entre fenotipos y fertilizantes. Cada combinación tuvo 10 plantas, dando un total de 120 plantas por cada ensayo y 240 entre los dos.

Distribución de las combinaciones entre fenotipos y fertilizantes: Se realizó en los dos sitios de investigación tal como se observa en la figura 3.



Figura 3

Croquis de campo



3.6 Instalación

El material de plantación (plántulas) fue adquirido en la provincia de Manabí, Cantón Pedernales, en una cantidad de 240 las cuales en el momento de compra fueron seleccionadas de acuerdo a criterios de calidad como vigorosidad y que se encuentren libres de plagas y enfermedades. Las plántulas se trasladaron en camioneta en gavetas tapadas con sarán para evitar maltrato por viento, hasta Intag a la propiedad del Cristal donde se las dejó en un pequeño invernadero durante un periodo máximo de dos días.

3.6.1 Establecimiento de los ensayos en campo

3.6.2 Plantación

Cada ensayo contó con 120 plántulas que fueron plantadas según lo mencionado en Añazco y Rojas (2015), con una densidad de plantación de 16 m² (625 plantas/ha); es

decir se empleó un distanciamiento de 4 x 4 m en marco real. La distancia entre fertilizaciones en los ensayos fue de 5 m en el sentido vertical y de 2 m en sentido horizontal, con el fin de evitar una interacción entre las fertilizaciones aplicadas, y así disminuir el efecto de borde en las unidades experimentales. Esta actividad se realizó en dos días laborables uno por cada sitio.

Figura 4

Área de instalación del ensayo sitio I

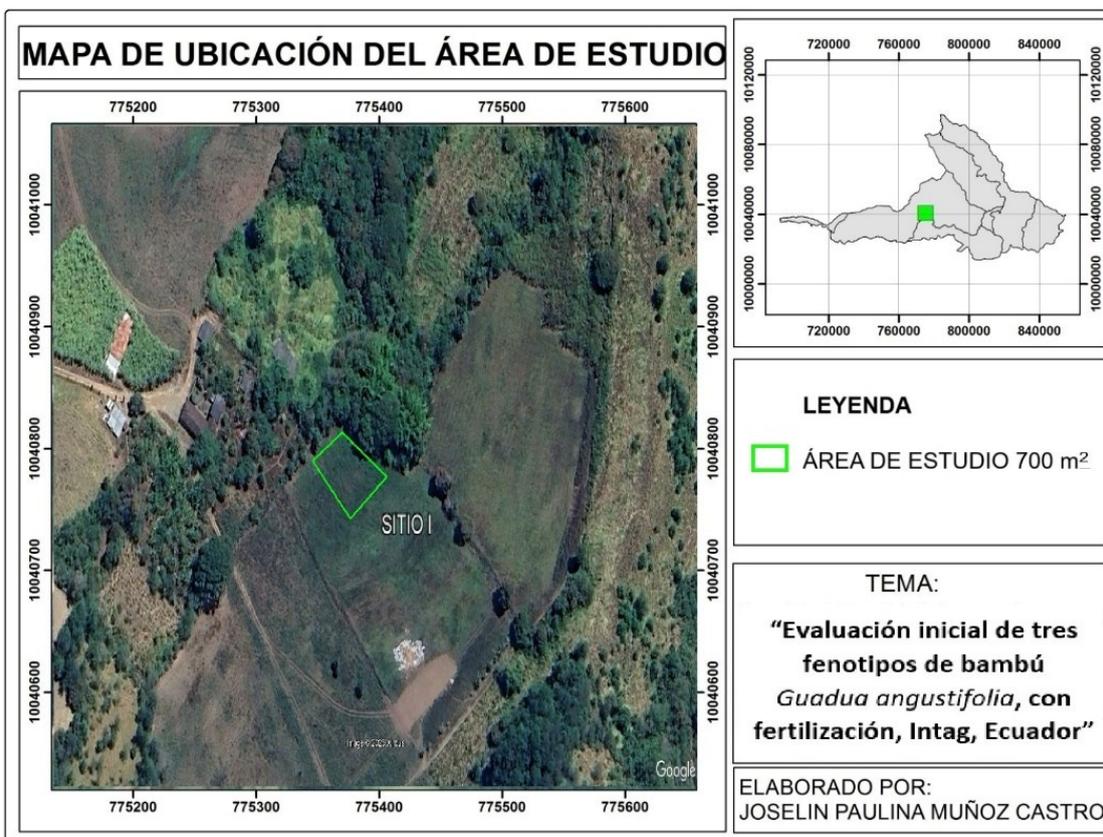
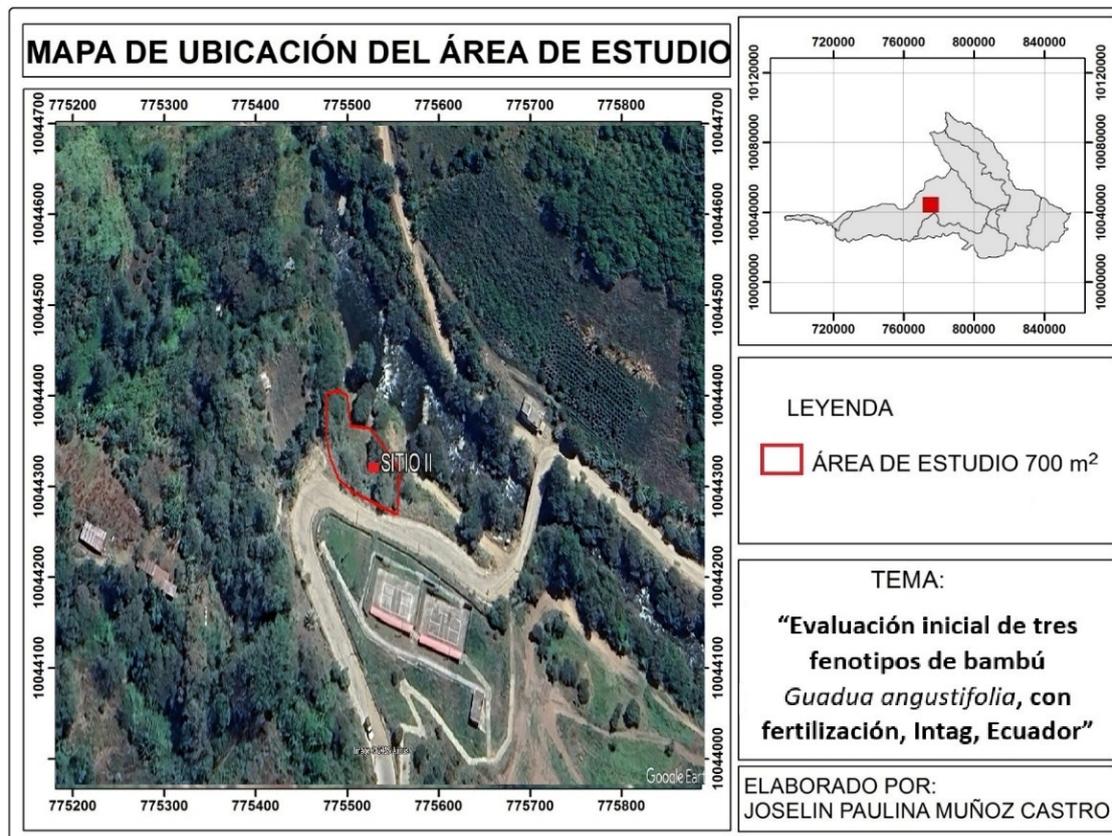


Figura 5

Área de instalación del ensayo sitio II



3.6.3 Fertilización

Las dosis se aplicaron y se determinaron de acuerdo a los análisis de suelo realizados de cada sitio (anexos 1 y 2), reconociendo las deficiencias de nutrientes, con niveles de N medios y bajos para P y K en El Cristal y de N, P y K bajos para 6 de Julio de Cuellaje.

Se realizó un cálculo mediante la fórmula que recomienda Urbano (1995) para fertilizante orgánico; mientras que para el fertilizante químico se realizó la tabla 4 donde se muestran los valores que se tienen en nitrógeno, fósforo y potasio de acuerdo al análisis de suelo y de la recomendación de dosis a aplicar, de acuerdo a esta tabla se realizó una regla de tres, para determinar la dosis adecuada y establecer la mejor recomendación (Xian *et al.*, 1999).



Durante el periodo de investigación se aplicó la fertilización química, orgánica y su combinación, dos veces, la primera en la fase inicial, al momento del establecimiento del ensayo y la segunda en menores dosis reduciéndolo al 50% a los seis meses posterior a la plantación. El fertilizante orgánico se lo calculó en función de la siguiente fórmula

$$MO = T * DA * P * (MO / 100)$$

Fuente: Urbano (1995)

Donde:

MO = cantidad de materia orgánica (toneladas, quintales, libras)

T = tamaño del hoyo (m)

DA = densidad aparente (t/m³)

P = Profundidad de la muestra (m)

Mo = % MO que se quiere llegar - % MO existente

Cabe mencionar que, la densidad aparente se la determinó para cada sitio de estudio siguiendo la metodología modificada de Rubio (2010), quien menciona que se debe tomar una muestra de suelo en un cilindro de volumen conocido, para secarlo a 105°C por 24 horas; siendo la densidad aparente la relación entre el peso seco y el volumen conocido. Las muestras de suelo fueron llevadas al Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca, donde se procedió al secado y posterior pesado, para determinar la densidad, donde se obtuvo los valores de 1.35 t/m³ para 6 de Julio de Cuellaje y de 1.26 t/m³ para El Cristal.

Tabla 4

Dosis de fertilizantes

Sitio	Orgánico	Químico	
	Kg/hoyo	(10-30-10) (g/hoyo)	Úrea (g)
El Cristal	1.33	50	65.22
6 de Julio de Cuellaje	3.30	33.33	152.17

3.6.4 *Mantenimiento*

Para el mantenimiento se realizaron dos actividades principales podas y coronamientos que se realizaron a los sexto y décimo mes posterior al establecimiento de



la plantación, estas variaron dependiendo de la necesidad por tema climatológico. En el coronamiento se realizó la limpieza de malezas alrededor de los culmos, mientras que las podas se efectuaron para eliminar los botes laterales débiles y las ramas bajas; así como también eliminar a los culmos secos o enfermos.

3.6.5 Recolección de información

Se midió semestralmente las variables de altura, diámetro, sobrevivencia y estado fitosanitario de cada una de las plántulas, para evaluar la adaptación de cada fenotipo y comparar la eficiencia de la fertilización química y orgánica aplicados sobre cada uno de estos. Cabe señalar que se realizó el análisis en cada sitio por separado, así como también el análisis del efecto del fertilizante sobre cada fenotipo de manera individual en cada uno de los sitios. Únicamente se realizó una comparación general entre los dos sitios al final a través de una prueba de T de Student.

3.7 Variables de estudio

Las variables de estudio se establecieron en función de los objetivos específicos, con dos variables para cada uno tal como se detalla a continuación.

3.7.1 Objetivo 1: Adaptabilidad de tres fenotipos de *Guadua angustifolia*

3.7.1.1 Sobrevivencia

Se evaluó calculando el porcentaje de sobrevivencia contando el número de plántulas vivas desde la etapa inicial hasta la última medición, se utilizó una ficha de observación para la colecta de los datos por lugar, fecha y fenotipo como se observa en el anexo 3, durante el tiempo de un año con una frecuencia semestral y se aplicó la ecuación (1) de acuerdo a Valenzuela (2014) es:

Ec.(1)

$$S\% = \frac{\text{número de plántulas vivas}}{\text{número de plántulas plantadas}} \times 100$$



3.7.2 Estado fitosanitario

Se evaluó cada individuo mediante un puntaje según criterios de calificación como refiere Valenzuela (2014), en el cual se valoró con observación directa el estado de la parte foliar como se indica en la tabla 5, durante el tiempo de un año con una frecuencia semestral, posteriormente se determinó un promedio por fenotipo.

Tabla 5

Criterios de calificación

Clasificación	Puntaje
Excelente: Sin lesiones de plagas y enfermedades	4
Bueno: Lesiones en un 25% del área foliar	3
Regular: Lesiones en un 50% del área foliar	2
Malo: Lesiones en un 75% del área foliar	1

3.7.3 Objetivo 2: Crecimiento de *Guadua angustifolia* con cuatro fertilizaciones

3.7.3.1 Altura

Para la evaluación se colocó una estaca a nivel del suelo junto a cada uno de los individuos y se tomó las medidas centímetros, dese la estaca hasta el ápice de la plántula usando la cinta métrica, de acuerdo al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2021), se realizaron con dos mediciones durante un año con una frecuencia semestral, la información se registró en una ficha de observación como se observa en el anexo 3.

3.7.3.2 Diámetro

Se tomaron las medidas de cada plántula a 5 cm del nivel suelo en centímetros usando la cinta diamétrica de acuerdo al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2021), desde la fase inicial durante un año con una frecuencia semestral, se registrarán los datos utilizando una ficha de observación por lugar, fecha y fenotipo como se observa en el anexo 3.



3.8 Procedimiento y análisis de datos.

Una vez recolectados los datos se comprobaron los supuestos estadísticos de Normalidad y homocedasticidad para todas las variables. La normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro - Wilks, mientras que la homocedasticidad a través de la prueba de Levene. Se recalca que el análisis de datos se realizó de manera independiente para cada uno de los sitios, y a su vez de manera separada para cada uno de los fenotipos dentro de cada sitio, a los que se les consideró como subensayos.

Una vez comprobados los supuestos estadísticos se procedió a aplicar el ANOVA para determinar si existe diferencias ya sea en las variables de crecimiento (altura y diámetro) del objetivo 2 y sobrevivencia del objetivo 1, que son variables cuantitativas. Para la variable cualitativa o categórica estado fitosanitario correspondiente al objetivo 1 se utilizó la prueba de Kruskal Wallis.

En los casos que se evidenciaron diferencias significativas en el ANOVA se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan, para determinar las diferencias entre los fenotipos de *Guadua angustifolia* evaluados, así como también entre las diferentes fertilizaciones estudiadas. Finalmente, para realizar una comparación general entre los dos sitios de investigación se realizó una prueba t de Student, para las cuatro variables analizadas.



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Supuestos estadísticos

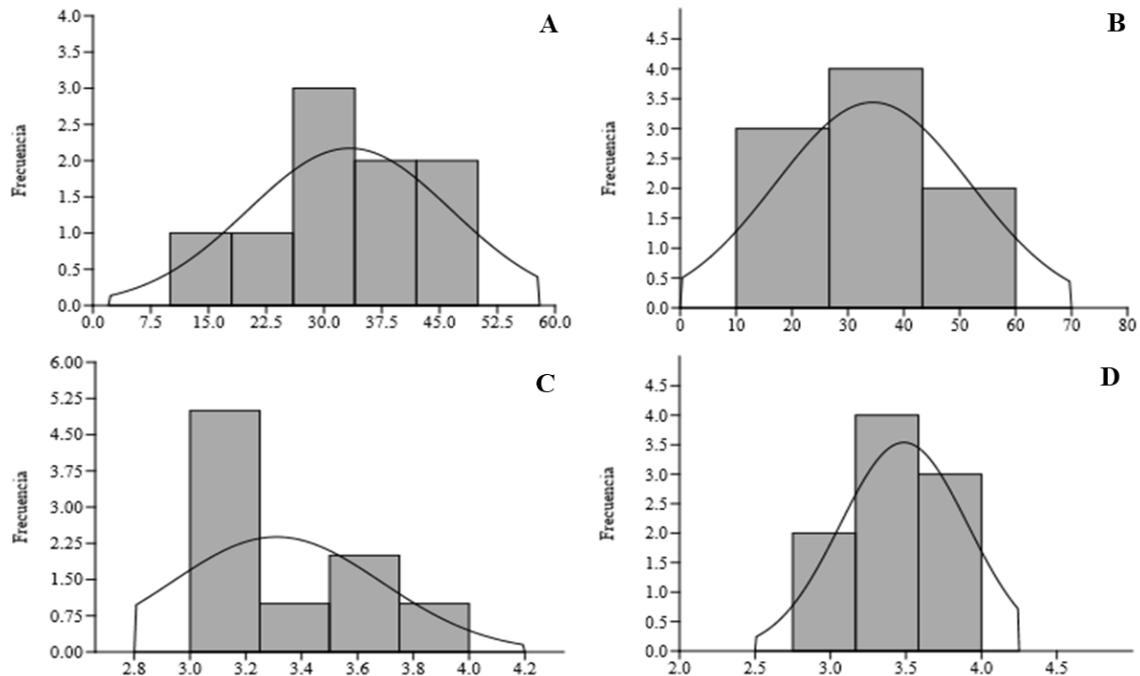
Al realizar la comprobación de los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad que se presentan en el anexo 4, se observa que para todas las variables de El Cristal se registraron, en la prueba de Shapiro Wilks, valores de W^* no significativos al nivel del 5% de probabilidad estadística es decir que existe normalidad; mientras que en lo que respecta a 6 de Julio de Cuellaje, esta supuesto se cumple en tres de las cuatro variables, ya que para el estado fitosanitario se determinaron diferencias significativas entre la distribución de los datos y la curva normal; por lo que se puede aseverar que no existe normalidad en esta variable y sitio de estudio.

En cuanto a la homocedasticidad se registraron para el estadístico de Levene, valores no significativos al nivel del 5% de probabilidad estadística en las todas las variables para los dos sitios de investigación, por lo que se puede afirmar que las varianzas de los conjuntos de datos analizados son homogéneas.

En la figura 6 se observan los histogramas de distribución de frecuencias y el respectivo ajuste a la curva de distribución normal para las variables de adaptabilidad, donde se evidencia que, para el caso de sobrevivencia en 6 de Julio de Cuellaje y estado fitosanitario en El Cristal se muestra una sesgo de distribución hacia la derecha, mientras que en el caso de sobrevivencia en El Cristal, el sesgo es hacia la izquierda; por el contrario en lo que respecta al estado fitosanitario en 6 de Julio de Cuellaje, no se evidencia ajuste a la curva normal, ya que presenta una distribución en “j” invertida.

Figura 6

Normalidad de las variables de adaptabilidad



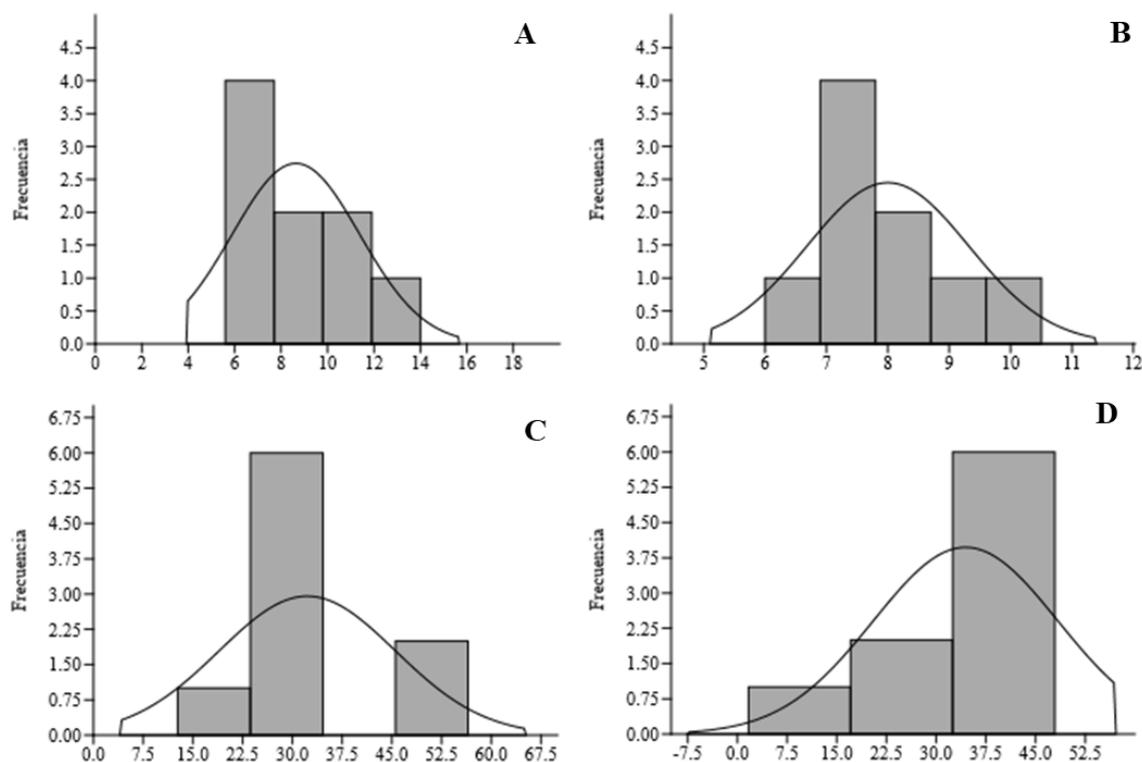
Nota: A: Sobrevivencia Cuellaje, B: Sobrevivencia El Cristal, C: Estado fitosanitario Cuellaje, D: Estado fitosanitario El Cristal.

En lo que respecta a los histogramas y sus correspondientes curvas de distribución normal de las variables de crecimiento que se presentan en la figura 7, se observa que tanto para diámetro en El Cristal y altura en 6 de Julio de Cuellaje presentan un sesgo hacia la izquierda, siendo una distribución discontinua para la última.

En el caso de diámetro para 6 de Julio de Cuellaje presenta una distribución en “j” invertida; mientras que en cuanto a la altura en El Cristal la distribución es en “j”; cabe mencionar que, si bien gráficamente, no se aprecia un ajuste a la curva de distribución normal, al momento de realizar la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, no se determinaron diferencias significativas, esta discrepancia se puede deber a los pocos datos.

Figura 7

Normalidad de las variables de crecimiento



Nota: A: Diámetro Cuellaje, B: Diámetro El Cristal, C: Altura Cuellaje, D: Altura El Cristal.

4.2 Resultados para el objetivo 1: Adaptabilidad de tres fenotipos de *Guadua angustifolia*

4.2.1 Sobrevivencia

En lo que respecta a la sobrevivencia en los análisis de varianza, se determinaron valores de Fisher calculado de 1.12 (p-valor=0.367) y 0.9 (p-valor=0.440) en El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente, se evidencian con su no significancia que en lo referente a esta variable no se evidencian diferencias entre los fenotipos estudiado; por lo que se acepta la hipótesis nula.

En cuanto al promedio general de sobrevivencia fue de 25.83% y 25.00% para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente. Este comportamiento se debe a las fertilizaciones aplicada, ya que si bien en este objetivo no se analiza este efecto se debe

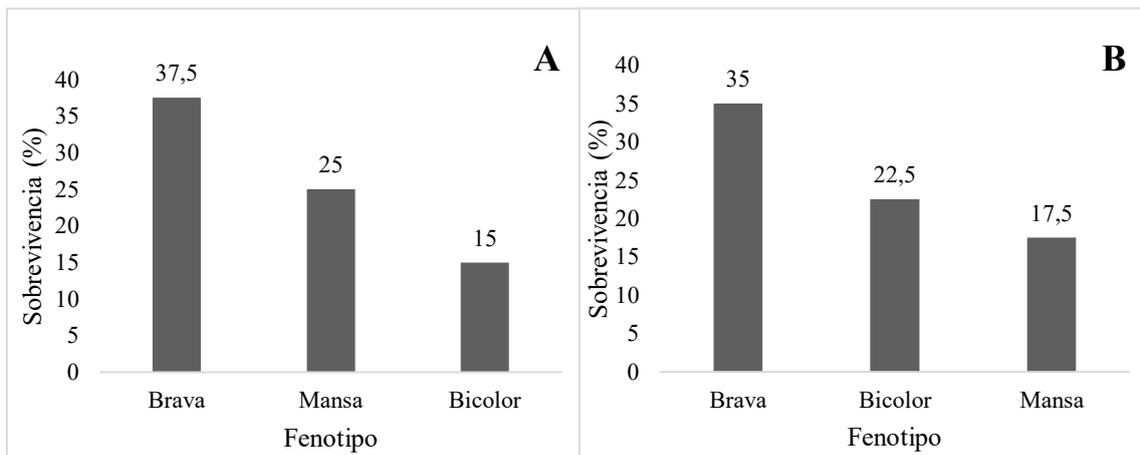
aclarar que, en la presente investigación se evidenció una mortalidad absoluta en la fertilización B2 (Testigo) tanto en 6 de julio de Cuellaje como en El Cristal; lo que a su vez explica los porcentajes de sobrevivencia promedios bajos.

Al realizar la prueba de Duncan para la variable sobrevivencia se confirma lo evidenciado en el análisis de varianza, ya que los fenotipos son estadísticamente similares, como se evidencia en la figura 8.

Sin embargo, se aprecia que en los dos sitios de investigación que el fenotipo A2 (Brava) es la que alcanzó los mayores porcentajes de sobrevivencia 37.5% y 35.0 % para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente, esto posiblemente a su mayor resistencia; mientras que se observa una variación de lugares para las variedades mansa y bicolor; sin embargo se debe indicar que el menor porcentaje de sobrevivencia lo registró el fenotipo A3 (Bicolor) en El Cristal que alcanzó únicamente el 15.0% de sobrevivencia que equivale al 40% del fenotipo con la mejor adaptabilidad.

Figura 8

Valores medios de sobrevivencia en porcentaje de fenotipos de bambú aplicando fertilización



Nota: A: El Cristal, B: Cuellaje

Los resultados ratifican los mencionados por Qian *et al.* (2022) quienes afirman que la fertilización al mejorar la disponibilidad de nutrientes y garantiza la sobrevivencia de especies de bambú. Por su parte, Muñoz *et al.* (2021) en Colombia para la especie *Guadua*



angustifolia registraron una sobrevivencia del 62% a los 400 días, valor superior a los registrado en la presente investigación.

Por su parte Aguirre (2024) en una plantación juvenil de 3.25 años de *Guadua angustifolia* en Tulumayo distrito de Pueblo Nuevo – Perú, determinó un 84.54% de sobrevivencia, con un coeficiente de variación del 104.61% . Las condiciones del sitio de estudio fueron altitud: 610 m.s.n.m., precipitación: 3 044.30 mm, temperatura: 25.53 °C. La mayor sobrevivencia se puede deber a que las características climáticas son las consideradas óptimas para la especie; sin embargo, se debe recalcar que, se evidencia una heterogeneidad en el coeficiente de variación del autor citado respecto a los registrados en la presente investigación.

4.2.2 Estado fitosanitario

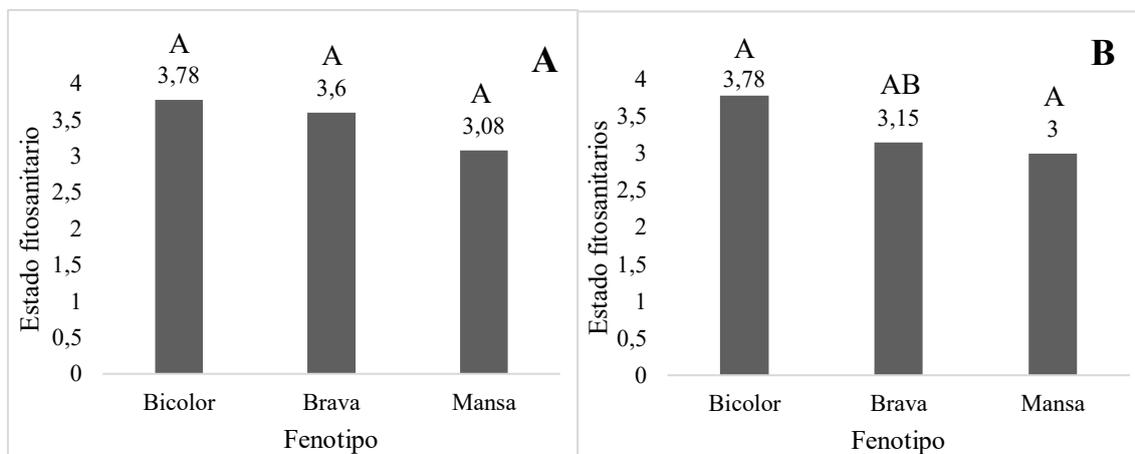
En lo referente a la variable estado fitosanitario en el análisis de Kruskal Wallis donde se evidenció únicamente diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística para la fuente de variación fenotipo en 6 de Julio de Cuellaje con un p-valor de 0.0143; mientras que en El Cristal el p-valor de 0.1679 es no significativo, por lo que no se registraron diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística. En este contexto, para la presente variable en 6 de Julio de Cuellaje se acepta la hipótesis alterna; mientras que en El Cristal se acepta la hipótesis nula.

En la figura 9 se presentan los valores medios obtenidos en la prueba de Kruskal Wallis, donde se evidencia que en El Cristal todos los fenotipos se encuentran en el rango A; mientras que en 6 de Julio de Cuellaje se visualiza la formación de dos rangos, donde se destaca que el fenotipo A2 (Brava) es la que se encuentra en los dos rangos (AB), posiblemente debido a que el fenotipo brava posee una mayor resistencia.

A su vez, se determinó que el fenotipo A3 (Bicolor) con 3.78 equivalente a “excelente”, es el mejor en los dos sitios de investigación, que supera con el 20.63 % al fenotipo A1 (Mansa) en El Cristal cuya calificación equivale a “buena”. Los valores registrados evidencian, que si bien, la sobrevivencia no fue alta, las plantas de *Guadua angustifolia* que no perecieron presentan un estado fitosanitario “bueno”.

Figura 9

Valores medios de estado fitosanitario de fenotipos de bambú aplicando fertilización



Nota: A: El Cristal, B: Cuellaje

En este sentido, los resultados confirman lo mencionado por Carvalho *et al.* (2010) quienes explican que mejorar la fertilidad de los suelos influye en la nutrición vegetal, lo que a su vez incide en el estado fitosanitario y adaptabilidad; por lo que se observa que la fertilización aplicada puede incidir en las condiciones fitosanitarias del bambú.

Por su parte, Aguirre (2024) en una plantación de *Guadua angustifolia* de 3.25 años en Tulumayo - Perú registró que la mayoría de los culmos estaban en la clasificación de “vivos y sanos” así como también “vivos y picados”, lo que se correspondería a las calificaciones de “excelente” y “bueno” de la presente investigación, lo que evidenciaría un comportamiento similar al observado en el presente estudio.

4.3 Resultados para el objetivo 1: Crecimiento de *Guadua angustifolia* con cuatro fertilizaciones

4.3.1 Altura

Al respecto de los análisis de varianza de la variable altura en los que se determinaron valores de Fisher calculado de 0.38 (p-valor=0.6988) para El Cristal y de 0.8 (p-valor=0.4932) que se consideran no significativos 5% de probabilidad estadística; por lo que las fertilizaciones aplicadas se consideran estadísticamente similares; por lo que se acepta la hipótesis nula.

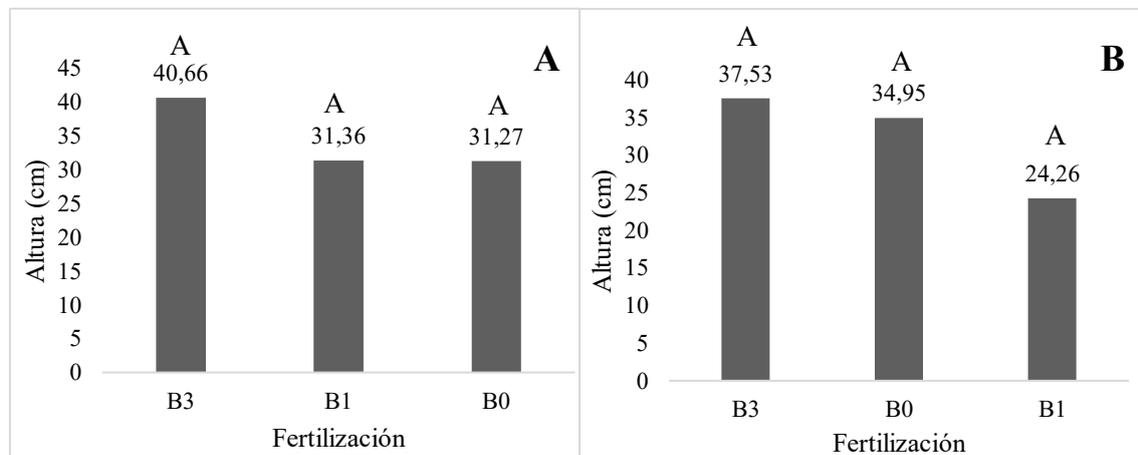
Sin embargo, se debe aclarar que la fertilización B2 (Testigo); es decir en el que no se aplicó ningún tipo de fertilización presentó una mortalidad total en los dos sitios, y sus nulos resultados no se consideraron al momento de realizar los análisis de varianza.

En lo que respecta al promedio general fue de 34.43 cm y 32.25 cm para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente. En cuanto a la prueba de Duncan cuyos resultados se observan en la figura 10, se ratifican los registrado en el análisis de varianza; debido a que las fertilizaciones son estadísticamente similares, ya que todos los tratamientos se encuentran en el rango A.

Así también, se debe mencionar que se destaca la fertilización B3 (Abono orgánico) en El Cristal con 40.66 cm que supera con el 23.09% a la fertilización B0 (Abono químico); del mismo modo en 6 de Julio de Cuellaje sobresale la fertilización B3 (Abono orgánico) que registró un valor medio de 37.53 cm, que supera con 35.36% a B1 (Abono químico + abono orgánico).

Figura 10

Valores medios de altura de fenotipos de bambú aplicando fertilización



Nota: A: El Cristal, B: Cuellaje, B0: Abono químico, B1: Abono químico + abono orgánico, B3: Abono orgánico

Los resultados obtenidos en la presente investigación ratifican lo mencionado por Fernández *et al.* (2003) quienes explican que en el primer año de crecimiento del bambú se evidencia un efecto positivo de la aplicación de fertilizantes orgánicos debido a que no solo mejoran la fertilidad del suelo, sino también otras características con la retención de



humedad, sin embargo, el crecimiento fue menor al registrado por los autores citados que fue de 107 cm; esta diferencia de crecimiento se debe posiblemente a que los autores realizaron su investigación en la especie de bambú *Gigantochloa levis*.

4.3.2 Diámetro

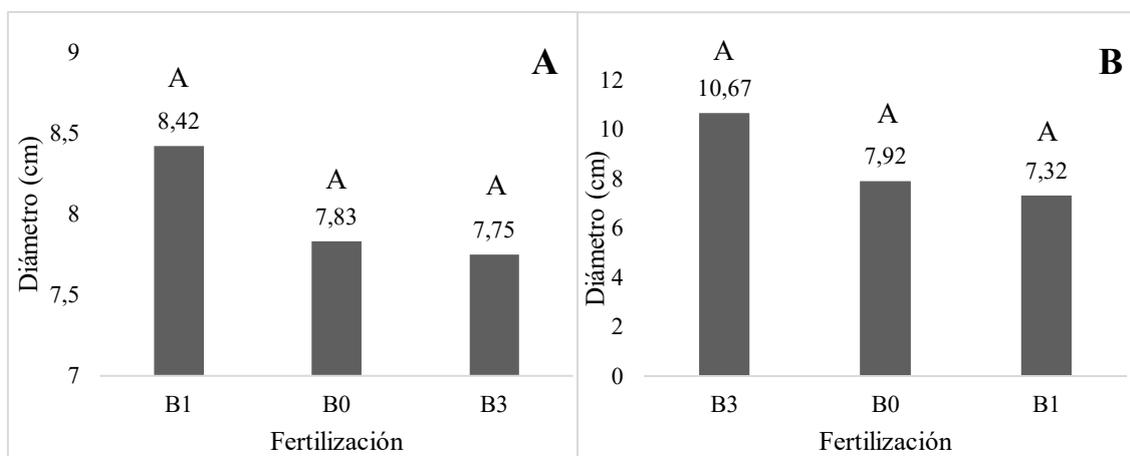
Al realizar el análisis de varianza para la variable diámetro se observa que en ninguno de los dos sitios en las fuentes de variación fenotipo se registran diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística; ya que el valor de Fisher calculado para El Cristal fue de 0.18 (p-valor=0.839) y para 6 de Julio de Cuellaje fue de 1.39 (p-valor=0.320) por lo que, con respecto a esta variable, se acepta la hipótesis nula en vista de no existir diferencias estadísticas.

En lo referente al promedio general fue de 8.00 cm y 8.64 cm para El Cristal y 6 de Julio de Cuellaje respectivamente; mientras que los coeficientes de variación fueron de 18.5% y 30.38%, siendo homogéneo para El Cristal.

En la figura 11 se presentan los valores medios de diámetro basal, donde se evidencia que son similares; sin embargo, se debe mencionar que en El Cristal la fertilización B1 (Abono químico + abono orgánico) con una media de 8.42cm supera con el 7.96% a la fertilización B3 (Abono orgánico); mientras que en 6 de Julio de Cuellaje sobresale la fertilización B3 (Abono orgánico) con una media de 10.67cm supera con 31.40% a B3 (Abono orgánico).

Figura 11

Valores medios de diámetro de fenotipos de bambú aplicando fertilización



Nota: Nota: A: El Cristal, B: Cuellaje, B0: Abono químico, B1: Abono químico + abono orgánico, B3: Abono orgánico

Por lo que se evidencia que la fertilización orgánica influye positivamente en el crecimiento diametral de *Guadua angustifolia*, este comportamiento se confirma en lo mencionado por Desalegn (2022) quien afirma que la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos presenta una mayor productividad y mejor fertilidad del suelo. Así también, Mohamed *et al.* (2004) explican que la aplicación de fertilizantes orgánicos incide en el crecimiento diametral de los culmos de bambú. Además, Montiel, *et al* (2006) expresan que el fenotipo bicolor es el que alcanza los mayores valores de diámetros de los tres fenotipos estudiados.

A su vez, Aguirre (2024) en una plantación de *Guadua angustifolia* en Tulumayo, distrito de Pueblo Nuevo-Huánuco - Perú de 3.25 años registró un valor promedio de diámetro basal de 8.24 cm con un coeficiente de variación medio de 13.77. Los resultados de diámetro obtenidos por el autor se encuentran entre los valores medios determinados en la presente investigación; sin embargo, el autor mencionado presenta una mayor homogeneidad.

Por su parte, Camargo *et al.* (2020) registraron en una plantación lineal de *Guadua angustifolia* en el municipio de Pereira – Colombia valores máximos de diámetro basal entre 8.3 cm y 8.4 cm; las condiciones del sitio de estudio fueron altitud: 1200 m.s.n.m.,



precipitación promedio anual: 1900 mm y temperatura media: 24 °C. Estos resultados son superiores a los valores medios de El Cristal e inferiores al promedio de 6 de Julio de Cuellaje, siendo inferiores a los valores promedios de las mejores fertilizaciones analizadas, estas diferencias se pueden deber a la influencia de las condiciones edafoclimáticas de cada zona de estudio.

4.4 Prueba de T de Student

Al realizar la prueba de T de Student para las variables evaluadas en los dos sitios de investigación que se presentan en la tabla 6, se aprecia que el comportamiento de *Guadua angustifolia* fue similar en los sitios seleccionados, ya que no se registraron diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística.

Tabla 6

Prueba de T de Student

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media 1	Media 2	Hom Var	T	p-valor	Sig.
Diámetro	Cuellaje	El Cristal	8.64	8.00	0.0533	0.63	0.5398	Ns
		El Cristal						
Altura	Cuellaje	El Cristal	32.25	34.43	0.8999	-0.34	0.7382	Ns
		El Cristal						
Sobrevivencia	Cuellaje	El Cristal	23.44	26.50	0.7000	-0.44	0.6632	Ns
		El Cristal						

Nota: Hom. Var: Homogeneidad de varianza, T: Valor de la prueba de T de Student, Sig.: Significancia, ns: No significativo.

Mediante la prueba t de Student se puede comparar el comportamiento dasométrico en diferentes sitios, con la finalidad de determinar si existe una influencia de las características edafoclimáticas sobre el crecimiento de las especies (Calleja, 2024).

Riaño *et al.* (2003) menciona que *Guadua angustifolia* crece en condiciones climáticas específicas, con un crecimiento óptimo en sitios con una precipitación anual entre 1200 a 2500 mm, y una temperatura promedio entre 18 a 24°C; por su parte Hernández *et al.* (2021) explican que la especie posee un rango amplio de distribución tanto en lo referente a altitud, así como a condiciones edáficas.



En este contexto la presente investigación se realizó en sitios con una precipitación de 1284 mm y 1797.2 mm con temperaturas de 17 °C y 18°C para del Cristal y Cuellaje respectivamente; lo que evidencia que El Cristal se encuentra dentro del rango de condiciones óptimas, mientras que Cuellaje presenta una menor temperatura promedio; sin embargo, esta condición no influyó directamente en el crecimiento de la especie, ya que en la prueba t de Student no se evidenciaron diferencias.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Estadísticamente los tres fenotipos de *Guadua angustifolia* presentaron similar comportamiento en lo que respecta adaptabilidad; sin embargo, matemáticamente se destaca el fenotipo brava con los mejores resultados de sobrevivencia y el segundo en estado fitosanitario, por lo que se puede emplear cualquier fenotipo en condiciones edafoclimáticas similares. Cabe mencionar que se evidenció una mortalidad absoluta en la fertilización testigo (sin fertilizante).
- Si bien los tres tratamientos de fertilización son estadísticamente similares por lo que se puede emplear cualquier tipo de fertilización; sin embargo, en términos matemáticos el mejor efecto en el crecimiento fue con la fertilización B1 (abono químico + orgánico) en los dos sitios de estudio, ya que evidenció los mayores comportamientos tanto en diámetro como en altura. Según los resultados obtenidos *Guadua angustifolia* requiere fertilización.

5.2 Recomendaciones

Se sugiere a la Universidad Técnica del Norte, a través de la Carrera de Ingeniería Forestal lo siguiente:

- Realizar estudios de los fenotipos de *Guadua angustifolia* en sitios con condiciones edafoclimáticas diferentes a los sitios evaluados.
- Investigar tratamientos de fertilización en *Guadua angustifolia* con diferentes fuentes de fertilización y dosis con la finalidad de incrementar el conocimiento respecto a esta importante especie.
- Replicar ensayos similares en condiciones controladas, con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos en la presente investigación.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agripac. (2023, Diciembre 24). *Mezcla 10-30-10* - Agripac.
<https://agripac.com.ec/productos/mezcla-10-30-10/>
- Aguirre, L. I. (2022). *Efecto de la aplicación de tres dosis de fósforo (P2O5) en tres especies de bambú: Guadua angustifolia, Guadua weberbaueri y Bambusa vulgaris en la fase madura en suelos degradados de la zona de Pucallpa, Ucayali, Perú.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].
<https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/983ca7a4-fcd8-4120-bf99-9a1ec519cbfe/content>
- Aguirre, J. F., Cadena, J., Ramírez, B., Juárez-Sánchez, J. P., Caso-Barrera, L., Martínez-Carrera, D. (2018). Sistemas de producción de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa oldhamii* Munro) en la sierra nororiental de Puebla, México. *Agro Productividad*, 11(8). <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1114>
- Aguirre, K. Y. (2024). *Crecimiento de brotes de Guadua angustifolia de una plantación juvenil en Tulumayo, distrito de Pueblo Nuevo-Huánuco.* [Tesis de pregrado, Universidad nacional Agraria de la Selva].
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/2915>
- Ahmad, Z., Upadhyay, A., Ding, Y., Emamverdian, A., & Shahzad, A. (2021). Bambú: origen, hábitat, distribución y perspectiva global. En: *Ahmad, Z., Ding, Y., Shahzad, A. (eds) Avances biotecnológicos en el bambú.* Springer, Singapur.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-1310-4_1
- Añezco, M. J. (2019). Vulnerability of ecosystems with *Guadua angustifolia* in Ecuador in light of climate changes1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49, 1-9.
<https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49i55405>
- Añezco, M., & Rojas, S. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia.* Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR.



<https://bambuecuador.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bmabucc81n-ecuador.pdf>

- Badagliacca, G., Testa, G., La Malfa, S. G., Cafaro, V., Lo Presti, E., & Monti, M. (2024). Organic Fertilizers and Bio-Waste for Sustainable Soil Management to Support Crops and Control Greenhouse Gas Emissions in Mediterranean Agroecosystems: A Review. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050427>
- Bala, A., & Gupta, S. (2023). Engineered bamboo and bamboo-reinforced concrete elements as sustainable building materials: A review. *Construction and Building Materials*, 394, 132116. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132116>
- Baláš, M., Kuneš, I., Podrázský, V., Gallo, J., & Lopot, F. (2024). Chemical forest amelioration: Experience from the Czech Republic and other selected countries - A review. *Journal of Forest Science*, 70(3), 103-121. <https://doi.org/10.17221/72/2023-jfs>
- Bhunia, S., Bhowmik, A., Mallick, R., & Mukherjee, J. (2021). Agronomic Efficiency of Animal-Derived Organic Fertilizers and Their Effects on Biology and Fertility of Soil: A Review. *Agronomy*, 11, 823 1-25. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11050823>
- Calleja, B., López, B., Alanís, E., Telles, R., González, M. A., & Cano, J. (2024). Estructura arbórea en dos exposiciones de un bosque de pino en Cochoapa El Grande, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(85), 48-69. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i85.1461>
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., & Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 86-94. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5987>
- Carmioli, V. (2009). Bambú Guadua: un recurso ecológico. *Tecnología en Marcha*, 22(3), 3-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835838>
- Carvalho, de S., Gonzaga, S., Caraciolo, R. L., & Gutierrez, G. H. (2010). Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*)



no nordeste do Brasil. *Revista Arvore*, 34, 991-999.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600004>

Césare, M. F., & González, H. E. (2020). Bambú una alternativa de biomasa para energía en el Perú. En *Optimización de los procesos de extracción de biomasa sólida para uso energético*, 89-128. Cuadernos de la Red IBEROMASA.
https://www.researchgate.net/profile/Ingrid-Mercado-Reyes/publication/358397809_Microalgas_y_sus_potenciales_aplicaciones_en_Biorrefinerias/links/62830b03dcb5ce0499d6b3a0/Microalgas-y-sus-potenciales-aplicaciones-en-Biorrefinerias.pdf

Chali, G., & Genati, D. (2021). Review on Organic Fertilizer and Its Roles in Sustaining Soil Fertility in Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 12(4), 6-11.
<https://doi.org/10.7176/jnsr/12-4-02>

Chatzistathis, T., Kavvadias, V., Sotiropoulos, T.E., & Papadakis, I.E. (2021). Organic Fertilization and Tree Orchards. *Agriculture*, 11, 1-21.
<https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE11080692>

Compendio CABI. (2022). *Guadua angustifolia*. CABI Internacional.
<https://doi.org/10.1079/cabicompendium.26057>.

Cooper, G. (Diciembre de 2005). El bambú: su importancia en la ecología y la conservación de las especies nativas. En *F. Herrera (Presidente honorario)*, 1er Congreso Mexicano del Bambú.

Desalegn, M. (2022). Review on the Integrated Use of Organic and Inorganic Fertilizers on Production and Soil Fertility in Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 12(3), 9-24. <https://doi.org/10.18805/ijare.af-724>

Donoso, P. J., Soto, D.P., Schlatter, J. E., & Büchner, C. A. (2009). Effects of early fertilization on the performance of *Nothofagus dombeyi* planted in the Coastal Range of south-central Chile. *Ciencia E Investigacion Agraria*, 36, 475-486.
<https://doi.org/10.4067/S0718-16202009000300014>

Du, M., Liu, G., Fan, S., Feng, H., Tang, X., & Mao, C. (2015). Effects of fertilization on the distribution patterns of biomass and carbon storage in Moso Bamboo Forest, Western Fujian Province, China. *Chin. J. Trop. Crops*, 36, 1-7.



- Duarte, J. B. (2019). Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) - 2019: retrospective and perspectives. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49, 1-2. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4957073>.
- Efthimiadou, A., Bilalis, D.J., Karkanis, A.C., & Froud-Williams, B. (2010). Combined Organic/Inorganic Fertilization Enhance Soil Quality and Increased Yield, Photosynthesis and Sustainability of Sweet Maize Crop. *Australian Journal of Crop Science*, 4, 722-729. https://www.cropj.com/aspasia_bilalis_4_9_2010_722_729.pdf
- Ely, F., Araque, O., & Jaimez, R. (2017). Growth and ecophysiological response in juvenile clones of Guadua (Guaduinae: Bambusoideae) cultivated in an altered lowland tropical region. *Photosynthetica*, 55(2), 264-275. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0236-4>
- Fernández, E. C., Palijon, A. M., Liese, W., Esguerra, F., & Murphy, R. J. (2003). Growth performance of two bamboo species in new plantations. *Journal of Bamboo and Rattan*, 2, 225-239. <https://doi.org/10.1163/156915903322555522>
- Fertisa. (2020, Septiembre, 21). 10-30-10 - Fertilizante Mezcla - Fertisa. <https://fertisa.com/producto/10-30-10-fertilizante-compuesto/>
- Fonseca, W., & Rojas Vargas, M. (2016). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 20(38), 85-98. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc>
- GAD Parroquial 6 de Julio – Cuellaje (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia 6 de Julio – Cuellaje 2019. [Archivo Pdf]. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20CUELLAJE.pdf>
- GAD Parroquial Peñaherrera (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Parroquial Peñaherrera, 2015*. [Archivo Pdf]. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20PE%C3%91AHERRERA.pdf>
- GAD Provincial Imbabura. (2017, May 23). En la parroquia Apuela. La protección de los ecosistemas se mezcla con el factor productivo. Dirección de comunicación -



Prefectura de Imbabura.

<https://www.imbabura.gob.ec/index.php/component/k2/item/953-en-la-parroquia-apuela-la-proteccion-de-los-ecosistemas-se-mezcla-con-el-factor-productivo>

Gallo, J., Vacek, Z., & Vacek, S. (2021). Quarter of a century of forest fertilization and liming research at the Department of Silviculture in Prague, Czech Republic. *Central European Forestry Journal*, 67, 123 - 134. <https://doi.org/10.2478/forj-2021-0009>

Hernández, K. L., Mahecha, J.C., & Suárez, M. E. (2021). Factores bióticos y abióticos que inciden en la calidad de suelo para el desarrollo de *Guadua angustifolia* Kunth en cuatro zonas de las provincias de Gualivá y Bajo Magdalena del departamento de Cundinamarca (Colombia). *Revista Ciencias Agropecuarias*, 6(2) 9-20. <https://doi.org/10.36436/24223484.265>

Huang, Z. (2019). *Application of Bamboo in Building Envelope*. *Green Energy and Technology*. Springer Nature Suiza. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12032-0_1

IEE – MAGAP – CGSIN. (2014). Memoria técnica Cantón Cotacachi “Sistemas productivos”. Proyecto “Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional, escala 1: 25.000” [Archivo pdf] https://www.geoportalmg.gov.ec/geodescargas/cotacachi/mt_cotacachi_sistemas_productivos.pdf

Imbaquingo, E., y Naranjo, D. (2010). Comportamiento Inicial De Aliso (*Alnus Nepalensis D. Don*) Y Cedro Tropical (*Acrocarpus fraxinifolius Wight & Arn*), Asociados Con *Brachiaria* (*Brachiaria Decumbens Stapf*) Y Pasto Miel (*Setaria Sphacelata (Schumacher) Stapf & C.E. Hubb*). [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/812>

Jamal, A., Muhammad, D., & Fawad, M. (2019). Does concoction of organic and inorganic fertilization have potential to enhance wheat yield? *Cercetari Agronomice in Moldova*. 52 (3) 312-319. <https://doi.org/10.46909/cerce-2019-0030>



- Kemner, J. E., Adams, M. B., McDonald, L. M., Peterjohn, W. T., & Kelly, C. N. (2020). Fertilization and Tree Species Influence on Stable Aggregates in Forest Soil. *Forests*, 12(39), 1-19. <https://doi.org/10.3390/f12010039>
- Kim, C., Baek, G., Yoo, B.O., Jung, S., & Lee, K. S. (2018). Regular Fertilization Effects on the Nutrient Distribution of Bamboo Components in a Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens* (Mazel) Ohwi) Stand in South Korea. *Forests*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.3390/F9110671>
- Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M. E., Vargas, J., Santos, G., & Santos, U. I. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. *Ra Xim hai*, 7(2), 205-218. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4471505>
- Lauer, F., Prost, K., Gerlach, R., Pätzold, S., Wolf, M., Urmersbach, S., Lehndorff, E., Eckmeier, E., y Amelung, W. (2014). Organic Fertilization and Sufficient Nutrient Status in Prehistoric Agriculture? – Indications from Multi-Proxy Analyses of Archaeological Topsoil Relicts. *PLoS ONE*, 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106244>
- Li, Q., Li, A., Huang, Z., Zhong, Z., Bian, F., & Zhang, X. (2022). Effects of Long-Term Chemical and Organic Fertilizer Application on Soil Phosphorus Fractions in Lei Bamboo Plantations. *Sustainability*, 14(23), 15658. <https://doi.org/10.3390/su142315658>
- Londoño, X. (2002). *Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo*. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>
- Londoño, X. (2006). Botánica y diversidad genética de la guadua y otros bambúes de América. *III Simposio Latinoamericano de Bambú. Bambú, comunidad, y desarrollo*. Guayaquil, Ecuador.
- Londoño, X. (2010). *Identificación taxonómica de los bambúes de la región noroccidental del Perú*. PERÚBAMBÚ – ITTO – Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, Ministerio de Agricultura, Perú. https://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INFORME%20TAXONOMIA%20BAMB%C3%9A.pdf



- Mercedes, J. R. (2006). *Guía técnica cultivo del bambú (Vol. 38)*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF. <https://intranet.cedaf.org.do/digital/bambu.pdf>
- Mohamed, A. H., Wahab, R., Hashim, W. S., & Sulaiman, O. (2004). Application of organic fertilisers on natural stand bamboos for sustainable management in peninsular Malaysia. *Journal of Bamboo and Rattan*, 3, 309-317. <https://doi.org/10.1163/1569159042464617>
- Montalvo, M. E. (2021). *Efecto de fertilizantes compuestos en Guadua angustifolia Kunth, en la zona de Satipo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7836/T010_42202680_T%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montiel, M., Jiménez, V. M., & Guevara, E. (2006) Caracterización anatómica ultraestructural de las variantes “Atlántica”, “Sur” y “Cebolla” del bambú, *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae), en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 54 (2), 1-12. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.26854>
- Mukhortova, L.V., Martynenko, O.V., Korotkov, V., Karminov, V., & Schepaschenko, D. (2023). Application of Mineral Fertilizers in Forests with Respect to Forest Carbon Budget. *Агрохимия*, 9, 81-96. <https://doi.org/10.31857/s0002188123090107>
- Muñoz, H. J., Sáenz, J. T., Hernández, J., Orozco, G., & Barrera, R. (2021). Plantación de cuatro especies de bambú establecidas en el trópico seco de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12 (65). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.788>
- Nehrling, H. (1912). Ornamentals-Bamboos. *Florida State Horticultural Society*, 25, 150-165. <https://journals.flvc.org/fshs/article/download/103709/99635>.
- Nkeuwa, W. N., Zhang, J., Semple, K. E., Chen, M., Xia, Y., & Dai, C. (2022). Bamboo-based composites: A review on fundamentals and processes of bamboo bonding. *Composites Part B: Engineering*, 235, 109776. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.109776>



- Osorio, M. Á., Haro, J. P., Carrillo, W. E., & Negrete, J. H. (2022). *Suelos caracterización e importancia* (J. C. Santillán Lima, Ed.). Puerto Madero Editorial. <https://doi.org/10.55204/pmea.7>
- Peña, J., Arrubla, J.P., Pinzón, M.A., Montoya, J.A., & Prieto Muriel, A. (2021). Chemical Characterization and Antiradical Properties of Pyroligneous Acid from a Preserved Bamboo, *Guadua angustifolia* Kunth. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64(21) 1-13. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021190730>
- Pérez, J., Aguilera, S., Rico, Y., & Ruíz, E. (2021). A population genetics study of three native Mexican woody bamboo species of *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) using nuclear microsatellite markers. *Boletín De La Sociedad Botánica De México*, 99(3), 542-559. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2795>
- Qian, Z. Z., Zhuang, S. Y., Gao, J. H., & Tang, L. Z. (2022). Can aeration improve bamboo soil fertility of soil below bamboo and fungal diversity under mulching conditions?. *Land Degradation & Development*, 33(13), 2353-2365. <https://doi.org/10.1002/ldr.4311>
- Quintans, K. (1998). *Ancient grass, future natural resource*. http://www.inbar.int/sites/default/files/resources/inbar_working_paper_no16.pdf
- Riaño, N. M., Londoño, X., López, Y., & Gómez, J. H. (2003). Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca – Colombia. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 16(1): 43-51. https://www.americanbamboo.org/wp-content/uploads/2021/03/BSCv16_2002.pdf
- Roba, T. B. (2018). Review on: The Effect of Mixing Organic and Inorganic Fertilizer on Productivity and Soil Fertility. *Open Access Library Journal*, 05, 1-11. <https://doi.org/10.4236/OALIB.1104618>
- Rubio, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla]. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>



- Rugeles, P.A., Posso, A.M., Londoño, X., Marín, N.B., & Muñoz, J.E. (2012). Caracterización molecular de *Guadua angustifolia* Kunth mediante marcadores moleculares RAMs. *Acta Agronómica*, 61(4), 325–330. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122012000400004&script=sci_arttext
- Ruiz, E., Tyrrel, C. D., Londoño, X., Oliveira, R. P., Clark, L. G. (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>
- Saavedra, M., Fonthal, G., Cardona Olarte, P., & Ariza Calderon, H. (2023). Influence of silicon on the growth of *Guadua angustifolia* Kunth seedlings. *Journal of Bamboo and Rattan*, 21(3), 113-124. <https://doi.org/10.55899/09734449/jbr021303>
- Sánchez, H. L. (2010). *Manejo y aprovechamiento sostenible de Guadua angustifolia Kunth en el estado de Tabasco* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/20.500.12098/410/1/mccf-hlsu_19.pdf
- Sánchez, J. J., Lozano, H. S., Villamarín, D. A., Díaz, S. A., & Díaz, L. A. (2023). Dynamic of Phenolic Compounds in *Guadua angustifolia* Kunth under Chemical, Organic, and Biological Fertilization. *Agronomy*, 13(11), 2782. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112782>
- Scharl, S., Zerl, T., Eckmeier, E., & Gerlach, R. (2023). Earliest archeological evidence of fertilization in Central Europe. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 186(4), 375-382. <https://doi.org/10.1002/jpln.202300150>
- Silva, G., Oliva, M., & Móstiga, M. J. (2020). Fertilización química y orgánica en la producción de plantones de variedades del género *Guadua* presentes en Rodríguez de Mendoza, Amazonas-Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 4(3), 32-41. <https://doi.org/10.25127/aps.20203.664>
- Urbano, P. (1995). *Tratado de fitotecnia general*. España: Ediciones Mundi-Prensa.



- Valenzuela, L. (2014). *Determinación del crecimiento inicial de plantaciones de casuarina (Casuarina equisetifolia L.) y acacia negra (Acacia melanoxylon) mediante la aplicación de retenedores de agua, Yahuarcocha, Ibarra, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4324/1/03%20FOR%20218%20TE%20SIS.pdf
- Vallejos, S. (2016). “*Comportamiento agronómico del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) variedad rojo del valle, en monocultivo y en sistemas agroforestales en la parroquia Peñaherrera – cantón Cotacachi*”. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5339>
- Villamarin, D. A., Lozano, H. S., Chitiva, L. C., Costa, G. M., Díaz, S. A., & Díaz, L. A. (2023). Changes in Phenolic Profile and Total Phenol and Total Flavonoid Contents of *Guadua angustifolia* Kunth Plants under Organic and Conventional Fertilization. *ACS Omega*, 8(44), 41223–41231. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04579>
- Xian-Min, G., De-Kui, N., Tian-Zhen, D., Shun-Zhen, X., y Wang, J. (1999). Fertilización balanceada del bambu. *Revista Informaciones Agronomicas*, Enero No.(52), 7-9. [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/C4D1B8D75D9D492005256E24006D192A/\\$file/Fertilizaci%C3%B3n+Balaceada+del+Bamb%C3%BA.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/C4D1B8D75D9D492005256E24006D192A/$file/Fertilizaci%C3%B3n+Balaceada+del+Bamb%C3%BA.pdf)
- Xie, J., Qi, J., Hu, H., De Hoop, C. F., Xiao, H., Chen, Y., & Hse, C. (2019). Effect of Fertilization on Anatomical and Physical-mechanical Properties of *Neosinocalamus Affinis* Bamboo. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4(1), 67–72. <https://doi.org/10.21967/JBB.V4I1.183>
- Yang, K., Zhu, C., Zhang, J., Li, Z., Liu, Y., Song, X., & Gao, Z. (2022). Nitrogen fertilization in bamboo forest accelerates the shoot growth and alters the lignification process in shoots. *Industrial Crops and Products*, 187, 115368. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115368>



Yangjing, E. (2003). *A Gender Assessment Study on Bamboo-based Rural Development and Utilization Activities - Case Study in Yunnan, China*.
http://www.inbar.int/sites/default/files/resources/inbar_working_paper_no53.pdf

Zhou, J., Qu, T., Li, Y., Van Zwieten, L., Wang, H., Chen, J., Song, X, Lin, Z, Zhang, X., Luo, Y., Cai, Y., & Zhong, Z. (2021). Biochar-based fertilizer decreased while chemical fertilizer increased soil N₂O emissions in a subtropical Moso bamboo plantation. *Catena*, 202, 105257. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105257>



Anexo 2. Análisis de suelo sitio I (6 de Julio de Cuellaje)

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E18-1550
 Fecha emisión informe: 09/07/2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Joselin Muñoz / Agrocalidad Imbabura
 Dirección: Ibarra
 Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra

Teléfono: 0985270122 / 2600811
 Correo Electrónico: joselinmunozc126@yahoo.com
 N° Orden de Trabajo: 10-2018-0009
 N° Factura/Documento: 018-001-4975

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: Bambú	
Provincia: Imbabura	Coordenadas: X: ----
Cantón: Cotacachi	Y: ----
Parroquia: Cuellaje	Altitud: ----
Muestreado por: Joselin Muñoz	
Fecha de muestreo: 20-06-2018	Fecha de inicio de análisis: 27-06-2018
Fecha de recepción de la muestra: 27-06-2018	Fecha de finalización de análisis: 09-07-2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-1581	M3	pH	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,50
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,13
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,06
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	3,7
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,12

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
BAJO	< 1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	< 0,2
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38
ALTO	> 2,0	> 0,31	> 21,0	> 0,4

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA

	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

09 JUL 2018

RECIBIDO
 TUMBACO - ECUADOR

Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS
 TUMBACO - ECUADOR



Anexo 3. Ficha de observación para el registro de datos

"Evaluación inicial de tres fenotipos de bambú *Guadua angustifolia*, con fertilización, Intag, Ecuador"

Lugar y fecha:					
Fenotipo:					
Número	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Est. Fitosanitario	Sobrevivencia	Tratamiento

Anexo 4. Supuestos estadísticos

Sitio	Variable	Normalidad			Homogeneidad de varianzas		
		W*	p(Unilateral D)	Sig.	Estadístico de Levene	p-valor	Sig.
El Cristal	Diámetro	0,98	0,9497	ns	2,3688	0,1548	ns
	Altura	0,83	0,0745	ns	2,1632	0,1721	ns
	Sobrevivencia	0,85	0,0567	ns	1,3764	0,2679	ns
Cuellaje	Diámetro	0,89	0,3005	ns	0,5984	0,4571	ns
	Altura	0,87	0,1870	ns	0,4600	0,5130	ns
	Sobrevivencia	0,85	0,0713	ns	0,6543	0,4374	ns



Anexo 5. Registro fotográfico

