

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Guadua aff. angustifolia A PARTIR DE
CHUSQUINES EN CONDICIONES DE
VIVERO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

BRUNO GERMÁN CANO RODRÍGUEZ

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Guadua aff. angustifolia* A
PARTIR DE CHUSQUINES EN CONDICIONES DE VIVERO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

BRUNO GERMÁN CANO RODRÍGUEZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Ignacio Rómulo Lombardi Indacochea
Presidente

.....
Ing. Carlos Fernando Bulnes Soriano
Miembro

.....
Dr. Carlos Augusto Reynel Rodríguez
Miembro

.....
Dr. Gilberto Domínguez Torrejón
Asesor

.....
Mg. Sc. Maricel Jadith Móstiga Rodríguez
Co Asesora

DEDICATORIA

A la vida, por darme la dicha de tener una maravillosa familia: mis padres, Germán y Maritza, y mi hermana, Marisol, por ser mi ejemplo y refugio.

A Romina, por ser la luz en mi vida, amiga incondicional y apoyo.

A aquellos amigos que se convirtieron en hermanos, por creer siempre en mí.

A todos aquellos que han despertado la pasión por el bambú.

Finalmente, a quienes ya no se encuentran físicamente conmigo, pero me acompañan en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido, de distintas maneras, a la realización del presente trabajo de investigación:

Al Dr. Gilberto Domínguez, asesor del presente trabajo, y a los miembros del Jurado de Tesis, Dr. Carlos Reynel, Ing. Ignacio Lombardi e Ing. Fernando Bulnes por su orientación y buena disposición.

A los miembros del “Círculo de investigación en la cadena de valor del bambú para el desarrollo sustentable, científico y tecnológico”, en especial al Dr. Héctor Enrique Gonzales Mora por permitirme formar parte como tesista, así como al Bach. Paolo Zamora, por su apoyo incondicional en la realización de la fase de campo.

Al Vivero Forestal (FCF-UNALM), dirigido por la Ing. Luisa Morales, por brindarme las facilidades para la realización de la parte experimental de mi tesis.

A la Ing. Ximena Londoño y al Ing. Francisco Castaño, reconocidos investigadores colombianos de bambúes neotropicales, por la identificación de la especie en estudio.

Asimismo, agradezco a quienes han contribuido a encender esa llama de curiosidad y pasión por los bambúes, en especial a la Mg. Sc. Maricel Móstiga, profesora y amiga, por la oportunidad brindada, la paciencia infinita, los conocimientos adquiridos y la confianza depositada.

Finalmente, agradezco a Romina Móstiga, a quien a su vez pido disculpas ya que un párrafo no es suficiente para expresar toda mi gratitud por el apoyo brindado desde el primer día. Gracias por el aliento y haber estado presente cuando más te necesitaba, por todos aquellos días en los que el arduo trabajo y las largas horas se convirtieron en gratos momentos, siempre con una sonrisa en el rostro iluminando el camino.

Este trabajo de investigación se realizó con el apoyo y financiamiento de CONCYTEC-FONDECYT en el marco del convenio N°174-2015 “Círculo de investigación en la cadena de valor del bambú para el desarrollo sustentable, científico y tecnológico”.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	4
1. Definición de bambú.....	4
2. Diversidad y distribución geográfica de los bambúes.....	4
3. Floración y taxonomía de los bambúes.....	6
3.1. Subfamilia Bambusoideae.....	8
3.2. Tribu Bambuseae.....	9
3.3. Subtribu Guaduinæ.....	10
4. Género Guadua.....	10
5. Bambúes en el Perú.....	12
6. Estructuras morfológicas de los bambúes.....	14
6.1. El rizoma.....	15
6.2. El culmo.....	16
6.3. La yema.....	16
6.4. Hoja caulinar.....	16
6.5. Ramificación.....	17
6.6. Follaje.....	17
6.7. La inflorescencia.....	17
6.8. El fruto.....	18
7. Métodos de propagación.....	18
7.1. Propagación sexual.....	18
7.2. Propagación asexual.....	19
7.2.1. Ventajas y desventajas de la propagación vegetativa.....	19
7.2.2. Métodos de propagación vegetativa de bambúes.....	21
a. Rizoma.....	21
b. Segmentos de culmo.....	21
c. Segmentos de ramas.....	22
d. Cultivo in vitro.....	23
e. Chusquines.....	24
7.2.3. Etapas de propagación vegetativa por el método de chusquines.....	24
a. Bancos de propagación.....	24
b. Invernadero.....	25
c. Eras de crecimiento.....	25

8.	Estado de conocimiento del género Guadua en América y sus estudios en propagación vegetativa.....	26
9.	Vivero Forestal	33
9.1.	Definición	33
9.2.	Tipos de viveros	33
9.2.1.	Viveros permanentes	33
9.2.2.	Viveros temporales.....	34
9.3.	Componentes del vivero forestal.....	34
9.3.1.	Germinadores o bancos de propagación.....	34
9.3.2.	Invernaderos o invernáculos.....	34
9.3.3.	Eras de crecimiento	35
9.3.4.	Área de mezcla de sustrato y trasplante.....	35
9.3.5.	Tinglado o sombreadero	35
9.4.	Labores culturales.....	36
9.4.1.	Riego	36
9.4.2.	Deshierbe.....	37
10.	Indicadores de calidad del material vegetativo.....	37
10.1.	Atributos morfológicos	37
10.1.1.	Altura	37
10.1.2.	Sistema radical.....	37
10.2.	Atributos fisiológicos.....	38
10.3.	Atributos de rendimiento.....	38
III.	Metodología	39
1.	Área de estudio	39
2.	Lugar de colecta y procedencia.....	41
3.	Materiales, equipos, herramientas, instrumentos e insumos	41
3.1.	Materiales	41
3.2.	Equipos.....	41
3.3.	Herramientas	41
3.4.	Instrumentos.....	42
4.	Metodología	43
4.1.	Identificación botánica.....	43
4.2.	Ensayos preliminares	43
4.3.	Método de propagación.....	43
4.3.1.	Banco de propagación.....	44
4.3.2.	Invernadero	45
4.3.3.	Era de crecimiento.....	46

5.	Procesamiento de datos	47
5.1.	Factor en estudio	47
5.2.	VARIABLES EVALUADAS	47
5.3.	VARIABLES RESPUESTA	48
5.4.	Análisis estadístico	50
5.4.1.	Análisis de Varianza (ANVA).....	50
5.4.2.	Análisis de Regresión	50
5.4.3.	Estructura de la evaluación.....	50
IV.	Resultados y discusión	53
1.	Identificación botánica	53
2.	Propagación vegetativa de <i>Guadua aff. angustifolia</i> : Ensayos preliminares	54
2.1.	Prueba 1: Setiembre de 2017	54
2.2.	Prueba 2: Diciembre de 2017	55
3.	Propagación vegetativa de <i>Guadua aff. angustifolia</i> en la etapa de banco de propagación	56
3.1.	Análisis cuantitativo	56
3.1.1.	Número de brotes	58
3.1.2.	Incremento medio en número de brotes	61
3.1.3.	Altura de brotes	62
3.1.4.	Incremento medio en altura de brotes	65
3.1.5.	Cantidad y longitud de raíces	67
3.2.	Análisis estadístico	67
3.2.1.	Análisis de varianza – Semana inicial	68
3.2.2.	Análisis de varianza – Semana intermedia	71
3.2.3.	Análisis de varianza – Semana final	74
3.2.4.	Análisis de regresión.....	77
4.	Propagación vegetativa de <i>Guadua aff. angustifolia</i> en la etapa de bolsa.....	80
4.1.	Análisis cuantitativo	80
4.1.1.	Número de brotes	82
4.1.2.	Altura de brotes	84
4.1.3.	Cantidad y longitud de raíces	85
4.2.	Análisis estadístico	86
4.2.1.	Análisis de varianza – Semana final	87
4.2.2.	Análisis de regresión.....	89
V.	Conclusiones.....	96
VI.	Recomendaciones	97

VII.	Bibliografía.....	98
VIII.	Anexos.....	110

Índice de tablas

	Página
TABLA 1: COMPARACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS TRES TRIBUS DE BAMBUSOIDEAE	9
TABLA 2: ESTUDIOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA DEL GÉNERO GUADUA.....	27
TABLA 3: DATOS METEOROLÓGICOS DEL PERIODO DE EVALUACIÓN	39
TABLA 4: DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.	52
TABLA 5: ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUADUA AFF. ANGUSTIFOLIA EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	56
TABLA 6: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL NÚMERO DE BROTES, POR SEMANA, EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN. LOS VALORES DE NÚMERO PROMEDIO DE BROTES SON EXPRESADOS COMO PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	58
TABLA 7: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA PRODUCCIÓN DE BROTES EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	61
TABLA 8: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ALTURA MÁXIMA DE BROTES EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN. LOS VALORES PROMEDIO DE ALTURA MÁXIMA SON EXPRESADOS COMO PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	63
TABLA 9: INCREMENTO MEDIO SEMANAL, EN ALTURA, DE BROTES EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN. LOS VALORES SON EXPRESADOS COMO PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR..	66
TABLA 10: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA CANTIDAD Y LONGITUD DE RAÍCES DE BROTES AL FINALIZAR LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	67
TABLA 11: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	68
TABLA 12: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	69
TABLA 13: PRUEBAS DE HIPÓTESIS MARGINALES (SC TIPO III)	69
TABLA 14: MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES PARA TRATAMIENTO.....	70
TABLA 15: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	71
TABLA 16: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	72
TABLA 17: PRUEBAS DE HIPÓTESIS MARGINALES (SC TIPO III)	72
TABLA 18: MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES PARA TRATAMIENTO.....	73
TABLA 19: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	74
TABLA 20: MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	75
TABLA 21: PRUEBAS DE HIPÓTESIS MARGINALES (SC TIPO III)	75
TABLA 22: MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES PARA TRATAMIENTO.....	76
TABLA 23: ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	77
TABLA 24: COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y ESTADÍSTICOS ASOCIADOS PARA LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	77
TABLA 25: CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO I) PARA LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	77
TABLA 26: ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUADUA AFF. ANGUSTIFOLIA EN LA ETAPA DE BOLSA.	80

TABLA 27:	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL NÚMERO DE BROTES, POR TRATAMIENTO, EN LA ETAPA DE BOLSA.	82
TABLA 28:	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ALTURA DE BROTES, POR TRATAMIENTO, EN LA ETAPA DE BOLSA.	84
TABLA 29:	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA CANTIDAD Y LONGITUD DE RAÍCES DE BROTES EN LA ETAPA DE BOLSA.	85
TABLA 30:	MEDIDAS DE AJUSTE DEL MODELO	87
TABLA 31:	PRUEBAS DE HIPÓTESIS MARGINALES (SC TIPO III)	87
TABLA 32:	MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES PARA TRATAMIENTO	88
TABLA 33:	ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA ETAPA DE BOLSA.	89
TABLA 34:	COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y ESTADÍSTICOS ASOCIADOS PARA LA ETAPA DE BOLSA.	89
TABLA 35:	CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO III) PARA LA ETAPA DE BOLSA.	90
TABLA 36:	ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA ETAPA DE BOLSA (VARIABLE: PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES).	90
TABLA 37:	COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y ESTADÍSTICOS ASOCIADOS PARA LA ETAPA DE BOLSA (VARIABLE: PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES).	90
TABLA 38:	CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO III) PARA LA ETAPA DE BOLSA (VARIABLE: PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES).	91
TABLA 39:	RESULTADOS DE LA VARIABLE ALTURA (CM) PARA LA SEMANA 12 DEL MODELO DE REGRESIÓN DE LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	95

Índice de figuras

	Página
FIGURA 1: TAXONOMÍA DE LA FAMILIA POACEAE.	7
FIGURA 2: PARTES DEL BAMBÚ.	14
FIGURA 3: COLECTA DE CHUSQUINES.	24
FIGURA 4: SUSTRATO EMPLEADO PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA.	40
FIGURA 5: DIAGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EMPLEADA PARA LA PROPAGACIÓN POR CHUSQUINES.	44
FIGURA 6: PLANTACIÓN DE CHUSQUINES EN BANCOS DE PROPAGACIÓN.	44
FIGURA 7: SEGREGACIÓN DE INDIVIDUOS.	45
FIGURA 8: TRASPLANTE DE MATERIAL VEGETATIVO A BOLSA.	46
FIGURA 9: ETAPA DE ERA DE CRECIMIENTO.	47
FIGURA 10: DIAGRAMA EXPLICATIVO DE LAS VARIABLES EVALUADAS POR ETAPA.	48
FIGURA 11: CANTIDAD PROMEDIO DE BROTES POR INDIVIDUO EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	60
FIGURA 12: HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA PARA LA CANTIDAD DE BROTES POR INDIVIDUO, PARA LA SEMANA INICIAL Y FINAL, EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	60
FIGURA 13: PROMEDIO DE LA ALTURA MÁXIMA DE BROTES EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN.	64
FIGURA 14: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL GENERAL PARA LA SEMANA INICIAL EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	68
FIGURA 15: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL MIXTO PARA LA SEMANA INICIAL EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	69
FIGURA 16: VALOR PROMEDIO DE LA VARIABLE ALTURA POR TRATAMIENTO, PARA LA SEMANA INICIAL, EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	70
FIGURA 17: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL GENERAL PARA LA SEMANA INTERMEDIA EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	71
FIGURA 18: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL MIXTO PARA LA SEMANA INTERMEDIA EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	72
FIGURA 19: VALOR PROMEDIO DE LA VARIABLE ALTURA POR TRATAMIENTO, PARA LA SEMANA INTERMEDIA, EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	73
FIGURA 20: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL GENERAL PARA LA SEMANA FINAL EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	74
FIGURA 21: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL MIXTO PARA LA SEMANA FINAL EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	75
FIGURA 22: VALOR PROMEDIO DE LA VARIABLE ALTURA POR TRATAMIENTO, PARA LA SEMANA FINAL EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	76
FIGURA 23: DISTRIBUCIÓN DE LOS ERRORES PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BANCOS DE PROPAGACIÓN.	78
FIGURA 24: DISTANCIA DE COOK PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BOLSA.	78

FIGURA 25: APALANCAMIENTO DE OBSERVACIONES PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BOLSA.	79
FIGURA 26: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA EL MODELO DE REGRESIÓN EN LA ETAPA DE BOLSA.	79
FIGURA 27: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y DISPERSIÓN DE RESIDUOS DEL MODELO LINEAL MIXTO PARA LA SEMANA FINAL EN LA ETAPA DE BOLSA.	87
FIGURA 28: VALOR PROMEDIO DE LA VARIABLE ALTURA POR TRATAMIENTO.	89
FIGURA 29: DISPERSIÓN DE VALORES EN LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE ALTURA Y PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES PARA LA ETAPA DE BOLSA.	91
FIGURA 30: DISTRIBUCIÓN DE LOS ERRORES PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BOLSA.	92
FIGURA 31: DISTANCIA DE COOK PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BOLSA.	92
FIGURA 32: APALANCAMIENTO DE OBSERVACIONES PARA LA VARIABLE ALTURA EN LA ETAPA DE BOLSA.	93
FIGURA 33: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA EL MODELO DE REGRESIÓN EN LA ETAPA DE BOLSA.	93

Índice de anexos

	Página
ANEXO 1 GLOSARIO.....	110
ANEXO 2 PRESENCIA DEL GÉNERO GUADUA EN AMÉRICA.....	111
ANEXO 3 FICHA TÉCNICA – RAZORMIN.....	116
ANEXO 4 COMUNICACIÓN PERSONAL CON XIMENA LONDOÑO – IDENTIFICACIÓN DE ESPECIE EN ESTUDIO.....	118
ANEXO 5 CONSTANCIA DE DEPÓSITO DE MUESTRAS BOTÁNICAS EN HERBARIO MOL.....	119

RESUMEN

La presente investigación consistió en la determinación del tiempo óptimo de producción de la especie *Guadua* aff. *angustifolia* por el método de propagación vegetativa de brotes basales del rizoma, conocido ampliamente como “chusquines”, en condiciones de vivero. Los experimentos fueron conducidos en el Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, provincia y región de Lima, Perú, siendo el material vegetativo proveniente de la Granja Ganadera de Calzada del Proyecto Especial Alto Mayo, ubicada en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba, región San Martín. Bajo este método de propagación, se analizaron tres etapas: banco de propagación, invernadero y era de crecimiento, a las cuales se le asignaron distintos tiempos para ser estudiados, mientras que las variables respuesta empleadas para el análisis estadístico fueron número de brotes, altura promedio, número de raíces y promedio de la longitud de raíces. Luego de cinco semanas de acondicionamiento, los individuos fueron plantados bajo un distanciamiento de 0,25 m en bancos de propagación constituidos por tierra agrícola, compost y arena (3:2:1), realizando evaluaciones semanales. A nivel cuantitativo, para la etapa de banco de propagación, se obtuvo porcentajes de prendimiento del 100% para todos los tratamientos evaluados, valores mayores al 90% respecto al porcentaje de supervivencia, presencia de 11, 14 y 20 brotes/individuo, altura máxima de 20,29 cm, 20,87 cm y 19,57 cm y altura promedio de 10,21 cm, 9,61 cm y 9,24 cm para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, hacia el final de la evaluación; para la etapa en bolsa (etapas de invernadero + era de crecimiento) se obtuvo porcentajes de prendimiento de 3 a 29%, porcentajes de supervivencia de 0 a 16%, presencia de 1 a 3 brotes/individuo, altura máxima de 5,2 cm a 10 cm y altura promedio de 3,35 cm a 6,47 cm para todos los tratamientos evaluados hacia el final de la evaluación. A nivel estadístico, se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos 303, 313, 323 y 413 aquellos que presentaron las mayores medias. Se concluye que el tratamiento 303, referido a tres meses en banco de propagación, cero semanas en invernadero y tres meses en eras de crecimiento, resulta ser el tiempo óptimo de propagación para la especie en estudio. Asimismo, se determinó que la especie en estudio podría tratarse de una nueva especie nativa para el Perú y el género *Guadua*, clasificándola preliminarmente como *Guadua* aff. *angustifolia*.

Palabras clave: Bambúes, *Guadua*, propagación vegetativa, vivero.

ABSTRACT

The present investigation consists in the determination of the optimal production time of the species *Guadua* aff. *angustifolia* by the method of vegetative propagation of basal rhizome buds, specifically known as "chusquines", in nursery conditions. The experiments were conducted in the Vivero Forestal of the Faculty of Forestry Sciences of the National Agrarian University La Molina, located in the district of La Molina, province and region of Lima, Peru, being the vegetative material from the Granja Ganadera de Calzada of Proyecto Especial Alto Mayo, located in the district of Calzada, Moyobamba province, San Martín region. Under this propagation method, three stages were analyzed: propagation bank, greenhouse and growth bank, to which different times were assigned to be studied, while the variable responses used for the statistical analysis were number of shoots, average height, number of roots and average root length. After five weeks of conditioning, the individuals were planted under a distance of 0,25 m in propagation banks consisting of agricultural land, compost and sand (3:2:1), conducting weekly evaluations. At the quantitative level, for the propagation bank stage, 100% yield percentages were obtained for all the treatments evaluated, values greater than 90% with respect to the survival percentage, presence of 11, 14 and 20 shoots/individual, maximum height of 20,29 cm, 20,87 cm and 19,57 cm and an average height of 10,21 cm, 9,61 cm and 9,24 cm for the times of three, four and five months respectively, towards the end of the evaluation; for the plastic bag stage (greenhouse stages + growth bank), percentages of yield of 3 to 29% were obtained, survival percentages of 0 to 16%, presence of 1 to 3 shoots/individual, maximum height of 5,2 cm to 10 cm and average height of 3,35 cm to 6,47 cm for all treatments evaluated towards the end of the evaluation. At a statistical level, statistically significant differences were obtained between treatments, with treatments 303, 313, 323 and 413 those that presented the highest means. It is concluded that treatment 303, referred to three months in propagation bank, zero weeks in greenhouse and three months in growth bank turns out to be the optimal propagation time for the species under study. Likewise, it was determined that the species under study could be a new species native to Peru and the genus *Guadua*, preliminary classifying it as *Guadua* aff. *angustifolia*.

Key words: Bamboo, *Guadua*, vegetative propagation, nursery.

I. INTRODUCCIÓN

Los bambúes son un grupo único de hierbas arborescentes, extremadamente diversas y económicamente importantes que crecen en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo debido a su fácil adaptación a diferentes condiciones climáticas y del suelo (Calderón & Soderstrom, 1980; Londoño & Clark, 2004; Lobovikov *et al.*, 2007). Pertenecen a la familia Poaceae, constituyendo económicamente la más valiosa de todas las familias de plantas (Bouchenak-Khelladi *et al.*, 2008) y ecológicamente son más importantes que cualquier otro grupo de plantas herbáceas (Bremer, 2002). Desempeñan un papel importante en la conservación de la biodiversidad y contribuyen al manejo del suelo y el agua debido a que su extenso sistema de rizomas se encuentra principalmente en las capas superiores del suelo, jugando un papel importante en la estabilización en las laderas y las orillas de los ríos, evitando la erosión y los deslizamientos de tierra, asegurando a su vez la función hidrológica de las cuencas y ríos (Bystriakova *et al.*, 2003a).

Son importantes para la producción de biomasa, además de proporcionar hábitat y alimento para una amplia gama de mamíferos, aves, anfibios e invertebrados, muchos de los cuales son motivo de preocupación para la conservación (Bystriakova *et al.*, 2003a; Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004). Arango Arango & Camargo (2010) reportan valores de 126 ± 4 t/ha de carbono total almacenado en bosques naturales de *Guadua angustifolia* Kunth en la región del Eje Cafetero de Colombia, con un 85% del carbono almacenado en la parte aérea (ramas, culmos y hojas) y 15% en la biomasa subterránea (rizoma), con una densidad aproximada de 4050 culmos por hectárea; mientras que García Soria & Del Castillo (2013) reporta valores de $66,46 \pm 12,34$ tC/ha de biomasa aérea para la especie *Guadua sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson en la Comunidad Nativa Bufe Pozo, departamento de Ucayali.

Asimismo, desempeñan un papel importante en las economías locales al mejorar los medios de vida de la población rural pobre y están creciendo en importancia comercial nacional e internacional en la región de Asia-Pacífico debido a sus múltiples usos e importancia económica, así como sus propiedades físicas y ambientales, lo cual convierte al bambú en un recurso económico excepcional (Bystriakova *et al.*, 2003a; Lobovikov *et al.*, 2007).

Los bambúes tienen una gran importancia cultural y económica, y se usan para diversos fines tales como alimento, artesanías, instrumentos musicales y materiales para construcción (Ruiz-Sanchez & Clark, 2014). Ejemplo de ello es la manufactura y producción de cestas, abanicos, utensilios, juguetes, muebles y soportes agrícolas, así como instrumentos musicales que van desde flautas hasta tambores (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004). Además, el bambú tiene una larga historia de uso en la construcción en América Central y América del Sur, donde es una parte común de la arquitectura contemporánea al ser combinado mediante nuevas técnicas con materiales modernos como el hormigón reforzado o el acero para crear algunas estructuras como viviendas de lujo, puentes y torres de observación (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004).

Pese a ello, la explotación del bambú nativo en América Latina se limita al uso local de especies que se encuentran cerca (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004), solo en Colombia, Ecuador y Brasil el bambú juega un papel más destacado en la economía local (Londoño, 2001). Las especies más útiles en América Latina se encuentran en el género *Guadua*, y hay varias otras en los géneros nativos de *Apoclada*, *Aulonemia*, *Chusquea*, *Elytrostachys*, *Otatea* y *Rhipidocladum*, al igual que *Bambusa*, que se ha introducido desde Asia (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004).

Debido a los largos ciclos de floración de diversas especies de bambú, no se cuenta con el material necesario para realizar clasificaciones taxonómicas adecuadas, generando confusiones y poca certeza en la determinación de nuevas especies, presentando adicionalmente limitaciones en la propagación sexual e intercambio genético entre poblaciones. Tal es el caso de la especie en estudio, la cual aparentemente es una especie o variedad nativa de la región San Martín; sin embargo, similitudes en cuanto a su apariencia respecto a la *Guadua angustifolia* Kunth ocasionan que esta especie no sea estudiada a mayor profundidad debido a que esta última ya cuenta con investigaciones en diversas áreas y a ambas se les considera la misma especie, pese a presentar distintos comportamientos en cuanto a producción y tiempo durante los primeros años de crecimiento.

Prueba de ello, y a manera de antecedente, Muñoz Florez *et al.* (2010), en su estudio sobre la diversidad y estructura genética de *Guadua angustifolia* en Colombia, emplearon muestras de dicha especie provenientes de distintas regiones del Eje Cafetero colombiano incluyendo muestras de una especie de *Guadua* proveniente de la región nororiental del Perú, concluyendo que los materiales peruanos presentaron la mayor distancia geográfica y genética (valor de similitud de 0,60) con respecto a los otros grupos por lo que pueden ser parte de un taxón

diferente; se presume que las muestras empleadas coinciden con la especie en estudio. Por otro lado, Móstiga Rodríguez *et al.* (2019) confirman que hay una mayor cercanía genética entre *G. angustifolia* y *G. lynnclarkiae* a comparación de la *Guadua* aff. *angustifolia* proveniente de la región San Martín, resaltando que se tratan de tres especies distintas. Asimismo, la propagación vegetativa se plantea como una alternativa para la reproducción de la especie en estudio y como una manera de iniciar los estudios para la misma.

La importancia de la presente investigación radica en el gran potencial comercial que podría representar esta especie dadas sus características ecológicas y anatómicas, de acuerdo con la información compilada en la región nororiental, produciendo una gran cantidad de brotes en las primeras etapas de crecimiento, resultando atractivo para consumidores potenciales. Es por ello que el estudio expuesto a continuación consiste en desarrollar una metodología de propagación vegetativa por chusquines, en condiciones de vivero, de la especie nativa *Guadua* aff. *angustifolia*, que optimice la formación de un paquete tecnológico el cual contribuya a mejorar el proceso de propagación comercial, a través de la evaluación del prendimiento y supervivencia de los chusquines propagados, la determinación del lapso de crecimiento más eficiente de la especie en estudio en cada una de sus etapas de propagación en vivero, y la determinación de la calidad del material de propagación en función de sus características morfológicas y su respuesta al enraizamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. DEFINICIÓN DE BAMBÚ

Los bambúes son plantas de la familia Poaceae que pueden ser anuales o perennes, y se caracterizan por presentar un hábito arbóreo o herbáceo, tallos leñosos, generalmente huecos, complejos sistemas de rizomas y ramas, órganos prominentes de revestimiento (Dransfield & Widjaja, 1995). Asimismo, presentan láminas foliares pseudopeciolas relativamente anchas, con células fusoides que flanquean los haces vasculares (Clark, Londoño & Ruiz-Sanchez, 2015), lígula situada entre la vaina y la lámina membranácea o pubescente, raramente ausente, a veces con dos lóbulos laterales o aurículas, y lámina comúnmente linear, solo en pocos casos aovada o aovado-lanceolada, plana o enrollada, paralelinervada (Tovar, 1993).

Son el único grupo importante de pastos adaptados a los bosques en lugar de hábitats abiertos (Londoño, 1996), así como a una amplia variedad de ecosistemas y condiciones climáticas, prueba de ello es que los brotes jóvenes de bambú fueron la primera señal de nueva vida vegetal después del bombardeo nuclear de Hiroshima y Nagasaki (Lobovikov *et al.*, 2007); sin embargo, muchos hábitats de bambú están amenazados por la deforestación y los cambios en los patrones de manejo forestal (Bystriakova *et al.*, 2003b).

2. DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BAMBÚES

En América, existen 41 géneros y 473 especies de bambúes los cuales se distribuyen desde los Estados Unidos hasta Chile (Londoño & Clark, 2004), siendo el 80% de la diversidad total de bambúes herbáceos de naturaleza neotropical (Clark, 1990); sin embargo, la mayor diversidad de bambúes en el Nuevo Mundo se encuentra en Brasil. Londoño & Clark (2004), Bystriakova, Kapos & Lysenko (2004) y Clark (1990), identificaron áreas de alta diversidad y de mayor endemismo de bambúes en el bosque húmedo costero de Bahía en Brasil con presencia del 48% (22 géneros) de todos los géneros americanos, cuatro de los cuales son endémicos y 36% de las especies de bambúes neotropicales, con un total de 202 especies de las cuales 137 especies son bambúes leñosos y 65 especies son bambúes herbáceos.

La cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, y la parte sur de Mesoamérica, le siguen a Brasil en diversidad, específicamente Colombia con 92 especies (70 spp. leñosos + 22 spp. herbáceos), Venezuela con 81 especies (60 spp. leñosos + 21 herbáceos), Ecuador con 50 especies (42 spp. leñosos + 8 spp. herbáceos), Costa Rica con 47 especies (39 spp. leñosos y 8 spp. herbáceos), y México con 41 especies (37 spp. leñosos y 4 spp. herbáceos) (Londoño & Clark, 2004). De esta forma, Brasil tiene casi el doble de especies de bambú que Venezuela y Colombia, que a su vez son casi dos veces más ricas que los países más ricos de Mesoamérica (Costa Rica y México) (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004).

El bambú se distribuye naturalmente en el cinturón tropical y subtropical (Lobovikov *et al.*, 2007), aproximadamente entre los 51° (Japón) a 46° (Estados Unidos) de latitud norte hasta los 46°-47° de latitud sur en Chile, siendo *Chusquea culeou* E. Desv. la especie más austral (Lobovikov *et al.*, 2007; Londoño & Clark, 2004). Se encuentran desde el nivel del mar hasta más de 4 000 m.s.n.m. en tierras altoandinas, llegando a 4 300 m.s.n.m. en formaciones conocidas como Páramos en los Andes ecuatoriales (Londoño, 1996; Londoño & Clark, 2004); sin embargo, la mayoría de especies se encuentran creciendo de manera silvestre, cultivada o naturalizada en una gran variedad de hábitats, sobre todo en elevaciones bajas a medias en los trópicos (Dransfield & Widjaja, 1995). Se registran bambúes nativos en todos los países del Nuevo Mundo con excepción de Canadá (Londoño & Clark, 2004).

Asimismo, se encuentran en todos los continentes y en todo tipo de hábitats, abarcando diversos pisos bioclimáticos y tipos de suelos (Tovar, 1993; Bremer, 2002), tales como regiones altoandinas, bosques nubosos montanos, regiones húmedas de tierras bajas y hábitats especializados (Judziewicz *et al.*, 1999), aunque algunas especies crecen en hábitats secos tales como *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees de Asia y *Guadua amplexifolia* J. Presl del Nuevo Mundo (Londoño & Clark, 2004), y en zonas templadas suaves en Europa y América del Norte (Lobovikov *et al.*, 2007).

Se estima que el bambú cubre cerca de 11 millones de hectáreas en América Latina y que aproximadamente el 11% de cada kilómetro cuadrado de bosque andino está ocupado por bambú; sin embargo, no hay una estimación de la cobertura de bosques de bambú ni una estimación de la producción de bambú para ningún país de esta región debido a la poca importancia económica de los recursos de bambú en la mayoría de los países latinoamericanos (Londoño, 2001).

3. FLORACIÓN Y TAXONOMÍA DE LOS BAMBÚES

El bambú florece raramente y en ciclos irregulares, en intervalos de 20 a 120 años, lo cual aumenta la vulnerabilidad de algunas especies por la floración simultánea y posterior muerte de poblaciones enteras (Dransfield & Widjaja, 1995; Bystriakova *et al.*, 2003a). Ello plantea ciertas dificultades en la identificación taxonómica y determinación de la diversidad de especies y géneros de bambú, siendo el análisis genético moderno una solución ante dicho problema (Lobovikov *et al.*, 2007). Algunas especies florecen gregariamente y luego las plantas parentales mueren, algunas florecen esporádicamente con o sin muertes de plantas parentales, y algunas especies combinan ambos patrones (por ejemplo, *Bambusa tulda* Roxb., *B. longispiculata* Gamble ex Brandis) (Banik, 1995), las cuales son descritas a continuación:

- **Floración gregaria:** Consiste en la floración de una población entera o generación determinada, con un origen común, durante un período de 2 a 3 años, donde todos los culmos de una especie florecen al mismo tiempo independiente de su edad y del lugar en que se encuentren, para luego morir pese a que los rizomas puedan mantenerse vivos (por ejemplo, bosque de *Guadua weberbaueri* Pilger y *G. sarcocarpa* Londoño & Peterson 27-28 años, *Bambusa bambos* (L.) Voss 32-45 años, *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees 20-65 años, *Melocanna baccifera* (Roxb.) Kurz 30-45 años); después de la floración gregaria, las semillas germinan al comienzo de la temporada de lluvias, lo cual es mejor si se da en suelo desnudo (Dransfield & Widjaja, 1995; Londoño & Clark 2004, De Carvalho *et al.*, 2013). Las interferencias bióticas como el pastoreo y la incidencia del fuego aumentan la intensidad de la floración gregaria (Dwivedi, 1990).
- **Floración esporádica:** Ocurre cuando los individuos de una población entera entran gradualmente a la etapa reproductiva en diferentes tiempos o en intervalos irregulares (anual o intervalos mayores), ocasionando la posterior muerte de solo los tallos de floración, mientras que los rizomas continúan viviendo (por ejemplo, *Gigantochloa scortechinii* Gamble), y gracias a ello no se presentan desequilibrios ecológicos ni efectos sociales; en este tipo de floración ni todos los individuos ni todos los culmos de una especie florecen simultáneamente, es decir, puede darse en grandes manchas aisladas como sucede con *Chusquea tessellata* Munro, o únicamente pueden florecer algunos culmos del rodal como sucede con *Guadua angustifolia* Kunth (Dransfield & Widjaja, 1995; Londoño & Clark 2004).

- **Floración continua:** Consiste en la producción de flores durante todo el año sin generar la muerte de aquellos tallos que producen flores (por ejemplo, la mayoría de las especies de *Schizostachyum*) (Dransfield & Widjaja, 1995).

La perturbación resultante del dosel, es decir, la mortalidad masiva en bambúes después de la fructificación, genera una carga de combustible generalizada y sincrónica que aumenta significativamente el potencial de incendios forestales, lo cual aumenta los recursos para el reclutamiento de plántulas y restablece el ciclo sucesional para favorecer la persistencia de los nuevos clones (Bystriakova, Kapos & Lysenko, 2004).

Ante ello, los bambúes se encuentran entre las plantas superiores menos estudiadas debido a la presencia de flores de bambú encontradas en intervalos largos, ya que la taxonomía tradicional se ha basado en gran medida en las características florales para la identificación de las especies; sin embargo, con técnicas cada vez más superiores de identificación y clasificación, como la secuenciación de ADN, continuará habiendo nuevos descubrimientos y reorganización de los nombres de bambú durante algún tiempo (Bystriakova *et al.*, 2003a). De esta forma, la familia Poaceae es la quinta familia más diversa de las angiospermas (Bouchenak-Khelladi *et al.*, 2008) y comprende aproximadamente 11 500 especies contenidas en 768 géneros, 12 subfamilias, siete supertribus, 52 tribus, cinco supersubtribus y 90 subtribus (Soreng *et al.*, 2017).

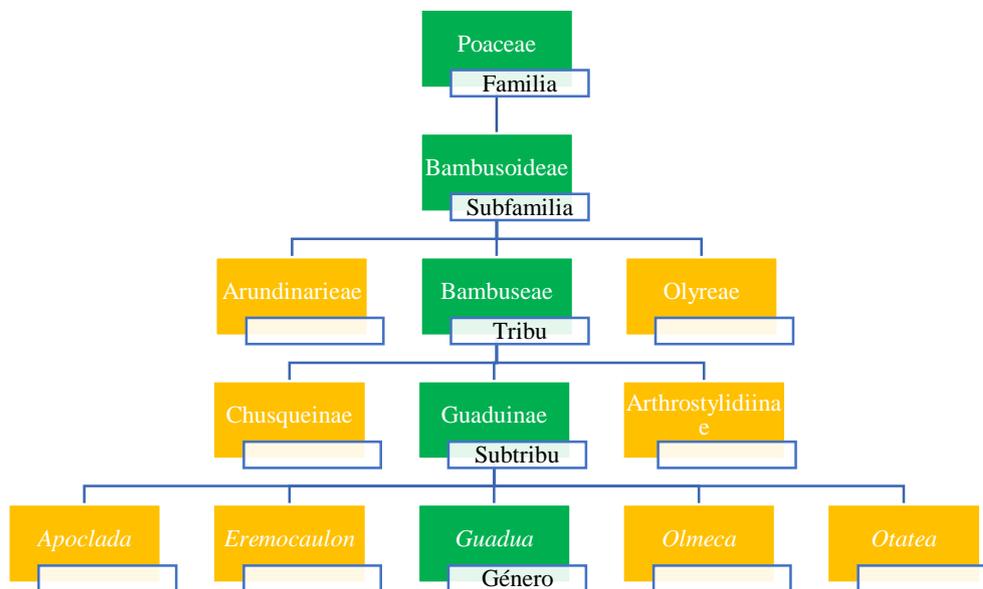


Figura 1: Taxonomía de la familia Poaceae.

Fuente: Soreng *et al.* (2017)

3.1. SUBFAMILIA BAMBUSOIDEAE

Los bambúes están contenidos en la subfamilia Bambusoideae, la cual incluye dos tribus de bambúes leñosos: Arundinarieae (31 géneros, 581 especies) y Bambuseae (73 géneros, 966 especies), siendo esta última tribu característica del neotrópico, y una tribu de bambúes herbáceos: Olyreae (21 géneros, 123 especies), la cual se encuentra principalmente en el sotobosque de los bosques tropicales en América del Sur y Centroamérica (Soreng *et al.*, 2017). Una sinapomorfía estructural para la subfamilia Bambusoideae es la presencia de células armadas generalmente bien desarrolladas, con al menos algunas de ellas fuertemente invaginadas asimétricamente en el clorénquima (Zhang, 1996; Zhang & Clark, 2000; Bamboo Phylogeny Group, 2012).

La subfamilia Bambusoideae ha presentado dificultades en su clasificación y delimitación taxonómica en las últimas décadas debido a la falta de información y la ausencia de especímenes completos de herbario (Young & Judd, 1992). Se le ha clasificado de distintas formas: 10 tribus (Anomochloae, Arthrostylidiaceae, Arundinarieae, Bambuseae, Chusqueae, Olyreae, Parianeae, Phareae, Streptochaeteae y Streptocyn), 7 clados (Eremitis, Pariana, Lithachne, Olyra, Buergersiochloa, Pseudosasa, Chusquea), entre otros (Calderón & Soderstrom, 1980; Grass Phylogeny Working Group, 2000; Kellogg, 2001), hasta llegar finalmente a tres tribus.

Los bambúes herbáceos (tribu Olyreae) no presentan culmos lignificados, son pequeños y delicados a robustos, carecen de hojas caulinares especializadas, presentan ramificaciones muy restringidas y rizomas con desarrollo débil a moderado (Calderón & Soderstrom, 1980; Clark, 1990). Anatómicamente, el diagnóstico para este grupo son los cuerpos silíceos con márgenes crenados, la forma de las células intercostales y la organización de las papilas (Londoño & Clark, 2004).

Tabla 1: Comparación morfológica de las tres tribus de Bambusoideae

	Arundinarieae	Bambuseae	Olyreae
Rizomas	leptomorfo o paquimorfo	generalmente paquimorfo, algunos amfimorfos	rizomas/estolones paquimorfos o paquimorfo con leptomorfo
Grado de lignificación del culmo	fuertemente lignificado	fuertemente lignificado	débilmente lignificado
Hojas caulinares	generalmente bien diferenciado	generalmente bien diferenciado	generalmente ausente
Ramificación aérea	presente	generalmente presente	limitado o ausente
Patrón de desarrollo de rama	basípeto	acrópeto o bidireccional	no aplica
Lígula externa de hojas de follaje	presente	presente	ausente
Comportamiento de floración	generalmente gregaria, monocarpismo	generalmente gregaria, monocarpismo	estacional, generalmente no monocárpico
Flor	bisexual	bisexual	unisexual
Textura de lemma fértil	papiráceo a pajoso	papiráceo a pajoso	coriáceo a endurecido

Fuente: Ruiz-Sanchez *et al.* (2015)

3.2. TRIBU BAMBUSEAE

Los bambúes leñosos (tribu Bambuseae) son un linaje monofilético dentro de Bambusoideae (Ruiz Sanchez, 2011) los cuales se caracterizan por presentar un eje leñoso, fuertemente segmentado, a menudo arborescentes y con un sistema de rizoma prominentemente desarrollado, las cuales desarrollan brotes alargados y sin ramificar, cubiertos por hojas caulinares, en su periodo inicial de crecimiento, así como floraciones cíclicas y monocárpicas, con intervalos largos, y flores bisexuales organizadas en espiguillas o pseudoespiguillas (Calderón & Soderstrom, 1980; Londoño & Clark, 2004).

3.3. SUBTRIBU GUADUINAE

Esta subtribu incluye los bambúes más grandes del Nuevo Mundo con los géneros *Apoclada*, *Eremocaulon*, *Guadua*, *Olmeca* y *Otatea*, y se puede distinguir anatómicamente por la alta frecuencia de estomas en la epidermis adaxial y la presencia de papilas bien desarrolladas asociadas a ellos, así como la presencia de rizoma paquimorfo con cuellos cortos o largos como el carácter morfológico más marcado (Londoño, 1996; Londoño & Clark, 2004; Judziewicz & Clark, 2007; Bamboo Phylogeny Group, 2012).

4. GÉNERO GUADUA

El género *Guadua* Kunth (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) fue descrito por el botánico alemán Karl Sigismund Kunth en el año 1822. Representa el género más grande y económicamente más importante del Nuevo Mundo, con especies que alcanzan alturas de 30 metros y culmos que alcanzan los 21 centímetros de diámetro (Londoño, 1996), formas que varían desde plantas delgadas y sin espinas con culmos trepadores hasta plantas espinosas grandes con culmos erectos (Young & Judd, 1992) y una distribución altitudinal desde el nivel del mar a 2200-2800 m.s.n.m. (Londoño, 1996), siendo mucho más abundantes y diversas por debajo de 1500 m.s.n.m. (Judziewicz & Clark, 2007). El término *Guadua* es la versión latinizada de un vocablo indígena empleado por los aborígenes de comunidades nativas de Colombia y Ecuador para designar plantas de este género (McClure, 1973; Botero Cortés, 2003; Londoño & Clark, 2004).

Los bambúes del género *Guadua* generalmente presentan culmos huecos, largos y espinosos; rizoma paquimorfo con cuellos cortos y comportamiento cespitoso; hojas caulinares anchas, prematuramente caducas en forma triangular, con los bordes continuos de la vaina y lámina; ramificación simpodial con espinas rectas o arqueadas; banda de pelos blancos y cortos arriba y abajo de la línea nodal; inflorescencia en largas espigas compuestas por pseudoespiguillas multifloras, con lemas multinervadas, palea de textura firme con las quillas aladas, presencia de tres estigmas plumosos y seis estambres; y presencia de estomas por el haz y por el envés (Tovar, 1993; Botero Cortés, 2003; Londoño & Clark, 2004).

Los individuos de este género emergen del suelo con un diámetro establecido ya que carecen de tejido de cambium al ser monocotiledóneas, es decir, no incrementan su diámetro con el paso del tiempo (Botero Cortés, 2003). Cuenta con las hierbas más altas del Nuevo Mundo en las especies *Guadua chacoensis* (Rojas Acosta) Londoño & P.M. Peterson y *G. angustifolia* Kunth (Judziewicz & Clark, 2007) así como especies con distintos hábitos de crecimiento tales como

Guadua glomerata Munro y *G. ciliata* Londoño & Davidse que presentan culmos trepadores y delgados, además de *Guadua tagoara* (Nees) Kunth, *G. weberbaueri* Pilg., *G. sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson y *G. macclurei* R.W. Pohl & Davidse con culmos rectos basalmente y ramas apicales trepadoras, los cuales se apoyan sobre los árboles de las selvas donde habitan (Londoño & Clark, 2004).

Ocurren comúnmente en las regiones cálidas de las tierras bajas de América Latina tales como la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (Young & Judd, 1992; Londoño, 1990), pero algunas de sus especies se extienden hasta las estribaciones y los bosques montanos más bajos de los Andes (Clark, 2001). Su distribución abarca desde el norte de México a todos los países de América Central y América del Sur, hasta el norte de Argentina y Uruguay, con excepción de Chile (McClure, 1973; Londoño, 1990; Londoño, 1996; Judziewicz & Clark, 2007), desde los 23° de latitud Norte en San Luis de Potosí, México (*Guadua velutina* Londoño & L.G. Clark) hasta los 35° de latitud Sur en Argentina (*Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr.) (Botero Cortés, 2003; Londoño & Clark, 2004).

Constituye el bosque de bambú más extenso de América, cubriendo aproximadamente 121 000 km² al suroeste de la cuenca amazónica, centrado justo al noroeste de la unión de Brasil, Perú y Bolivia; en ningún otro lugar la *Guadua* domina la vegetación sobre un área tan amplia (Londoño, 1996; Judziewicz *et al.*, 1999); sin embargo, estudios posteriores afirman una extensión de al menos 161 500 km² para las especies de *Guadua weberbaueri* Pilg. y *G. sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson que dominan el área (De Carvalho *et al.*, 2013).

Crece óptimamente en condiciones mesofíticas, en áreas libres de heladas y en elevaciones que no excedan en gran medida los 1 500 m.s.n.m. (McClure, 1973), siendo el rango de altitud óptimo entre los 600 m.s.n.m. (clima cálido) y los 2 000 m.s.n.m. (clima templado) (Castaño & Moreno, 2004). Altas temperaturas favorecen el desarrollo y por el contrario bajas temperaturas afectan el mismo en unidad de tiempo; sin embargo, estas últimas incrementan la resistencia de los culmos a diferencia de los obtenidos en zonas con temperaturas altas, enfatizando que ambos tipos de culmos pueden ser empleados en construcción; el rango óptimo de temperatura media oscila entre 20°C y 26°C (Cruz Ríos, 2009).

Por lo general, la *Guadua* se desarrolla en lugares con rangos de pluviosidad que oscilan entre los 950 mm y los 5 000 mm anuales, pero los guaduales mejor desarrollados son los que se ubican en sitios en donde el rango está entre los 1 800 y los 2 500 mm anuales de lluvia (Castaño & Moreno, 2004); es exigente en agua, pero bajo condiciones de poca precipitación la utiliza eficientemente (Cruz Ríos, 2009); sin embargo, no aguanta condiciones de sequía prolongadas (Botero Cortés, 2003). Asimismo, para su buen desarrollo, requiere entre 1 800 y 2 200 horas/luz/año (Cruz Ríos, 2009), lo cual equivale entre 5 o 6 horas-luz/día (Castaño & Moreno, 2004)

5. BAMBÚES EN EL PERÚ

Las gramíneas en el Perú ocupan todos los pisos bioclimáticos, desde las orillas del Océano Pacífico hasta las altas cumbres de los Andes, y desde estas hasta la llanura amazónica atravesando los Andes orientales (Tovar, 1993), en donde podemos encontrar áreas de bambú naturalmente regenerado, principalmente en los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín (Lobovikov *et al.*, 2007) y la mayor área de bambú en Madre de Dios y Amazonas (Londoño, 2001).

Los bosques mixtos de bambúes o “pacales” cubren una extensión de 161 500 km² (De Carvalho *et al.*, 2013) a 200 000 km² (Nelson, 1994) en la Amazonía suroriental (Perú, Brasil y Bolivia). Específicamente para el Perú, se tiene registro de una extensión de 39 978 km², los cuales se localizan en la región sur-oriental de la cuenca amazónica, en los departamentos de Junín (960,52 km²), Ucayali (19 035,35 km²), Cuzco (3 867,91 km²) y Madre de Dios (16 114,22 km²) (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1996). Se estima una superficie de 190 000 ha de extensión pura de bambú en el Perú para el año 2005, lo cual resulta en 0,15% del territorio nacional, resaltando la interacción de *Guadua weberbaueri* y *Guadua sarcocarpa* en las tierras bajas de la región amazónica (Lobovikov *et al.*, 2007). Asimismo, el Perú cuenta con un área estimada de 1 030,79 ha de plantaciones de bambú (SERFOR, 2020).

En la actualidad, se han reportado 13 géneros y 84 especies (30 especies de bambúes herbáceos y 54 especies de bambúes leñosos), de las cuales 27 especies son endémicas (32% del total), y una subespecie (Vorontsova *et al.*, 2016; Tropicos.org, 2020), siendo Pasco y Cuzco los departamentos con mayor diversidad (Clark, 2001; Londoño, 2001); en la última década se han sumado varios registros de nuevas especies de bambúes leñosos para el país (Londoño, 2013; Tyrrell & Clark, 2013).

Asimismo, Reátegui Echeverri (2009) reporta 10 especies nativas para la región selva central (provincia de Chanchamayo, región Junín): *Rhipidocladum racemiflorum* (Steud.) McClure, *Guadua weberbaueri* Pilg., *Chusquea scandens* Kunth, *Rhipidocladum harmonicum* (Parodi) McClure, *Chusquea* aff. *tuberculosa* Swallen, *Chusquea exasperata* L.G. Clark, *Chusquea* aff. *uniflora* prob. sp. nov., *Chusquea* sp.1, *Chusquea* sp.2 y *Aulonemia* sp.; y cuatro especies introducidas: *Phyllostachys aurea* Carrière ex Rivière & C. Rivière, *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., *Bambusa vulgaris* var. *vittata* Rivière & C. Rivière y *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne.

El Perú podría ser uno de los países andinos más ricos en diversidad de bambúes con una gran cantidad de especies nuevas de los géneros *Aulonemia*, *Chusquea* y *Neurolepis* aún por ser descritas; sin embargo, las muestras actuales suelen estar mal colectadas y lejos de estar completamente descritas, por lo que se necesita hacer más trabajo de campo e investigación taxonómica (Clark, 2001; Londoño, 2001).

Ortíz Pacheco (2017) reporta 22 especies para la región nor oriental (regiones Cajamarca, Amazonas y San Martín): *Aulonemia* sp.1, *Bambusa vulgaris* var. *vittata* Rivière & C. Rivière, *Bambusa* cf. *oldhamii* Munro, *Chusquea* sp.1, *Chusquea* sp.2, *Chusquea* sp.3, *Chusquea scandens* Kunth, *Chusquea* aff. *peruviana* E.G. Camus, *Chusquea* aff. *delicatula* Hitchc., tres especies afines a *Chusquea picta* Pilg., *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne, *Guadua weberbaueri* Pilg., *Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *Guadua* sp.3, *Guadua lynnclarkiae* Londoño, *Guadua takahashiae* Londoño, *Guadua angustifolia* Kunth, *Merostachys brevispica* Munro y *Rhipidocladum harmonicum* (Parodi) McClure.

Asimismo, durante el marco del proyecto “Promoción de la rehabilitación, manejo y uso sostenible de los bosques tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú”, Londoño (2010) colectó ocho especies de bambúes nativos pertenecientes a cuatro géneros, de los cuales dos son bambúes herbáceos (Olyreae) y seis son bambúes leñosos (Bambuseae). Los bambúes herbáceos encontrados fueron *Olyra fasciculata* Trinius y *Olyra latifolia* L., mientras que los bambúes leñosos corresponden a las especies *Chusquea* sp. Secc. Longiprophyllae #1, *Chusquea* sp. Secc. Longiprophyllae #2, *Chusquea* sp. Secc. Chusquea, *Guadua* aff. *angustifolia* Kunth Biotipo #1, *Guadua* aff. *angustifolia* Kunth Biotipo #2, *Guadua* aff. *angustifolia* Kunth Biotipo #3, *Guadua weberbaueri* Pilger y *Rhipidocladum racemiflorum* (Steudel) McClure.

Cabe resaltar que, según Londoño (2010), el nombre común de la *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1 Lamas es "Marona", el nombre común de la *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 2 Aramango es "Guayaquil" o "Marona" y el nombre común de la *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 3 Atumplaya es "Marona" (al rodal se le denomina "Maronal"), lo que podría indicar que la especie en estudio podría corresponder a alguno de los tres biotipos mencionados.

6. ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS DE LOS BAMBÚES

Los bambúes son plantas con una gran diversidad morfológica; las hay de pocos centímetros y tallos herbáceos hasta bambúes de 30 metros de altura y tallos leñosos. Debido a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente, se les ha dado mucha importancia a estructuras morfológicas tales como rizoma, culmo, yema, complemento de rama, hoja caulinar y follaje (Londoño & Clark, 2004).

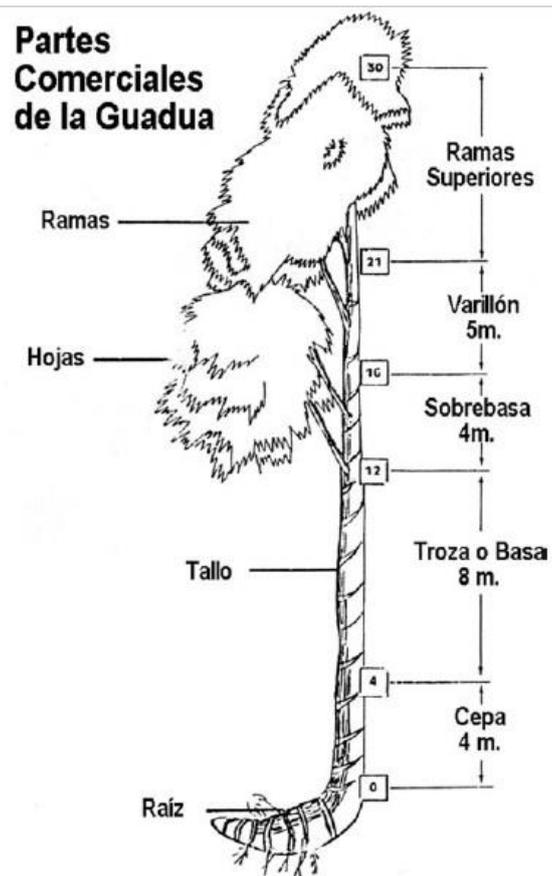


Figura 2: Partes del bambú.

Fuente: Mercedes (2006)

6.1. EL RIZOMA

Es un eje segmentado, típicamente subterráneo, que constituye la estructura de soporte de la planta y juega un papel importante en la absorción de nutrientes (Castaño & Moreno, 2004). Consta de tres partes: a) Cuello del rizoma, es la parte que primero se desarrolla; carece de yemas y generalmente es corto como en el caso de la mayoría de las especies del género *Bambusa*, pero puede también ser muy elongado y alcanzar hasta 10 metros de longitud como en el caso de *Guadua weberbaueri* Pilger del Amazonas y de *Eremocaulon aureofimbriatum* Soderstrom & Londoño de Bahía, Brasil; b) Rizoma propiamente dicho, se caracteriza por su posición típicamente subterránea, por la presencia de yemas, brácteas, y raíces adventicias o primordios de raíces, así como brotes en todos o la mayoría de los nudos; y c) Raíces adventicias, cumplen la función de absorción y anclaje en la planta, son fibrosas, delgadas, rústicamente cilíndricas y aparentemente no aumentan su diámetro con la edad, además, es el único eje vegetativo en los bambúes que no es segmentado (Banik, 1995; Londoño & Clark, 2004). Existen tres categorías principales de rizomas:

- **Rizoma paquimorfo (Simpodial):** Es corto y grueso, más o menos curvo (raramente recto) y tiene un diámetro generalmente mayor que el diámetro del culmo al cual da origen (Castaño & Moreno, 2004). Los entrenudos son más anchos que largos y asimétricos (siendo más grandes en el lado que lleva un brote), sólidos, y los nudos no están elevados ni hinchados (Banik, 1995). Los tallos sobre el suelo están juntos en un grupo compacto, que se expande uniformemente alrededor de su circunferencia; su hábitat natural son las regiones tropicales y no son invasivas (Lobovikov *et al.*, 2007).
- **Rizoma leptomorfo (Monopodial):** Son largos y delgados, de forma cilíndrica o subcilíndrica, y suelen ser más estrechos que el culmo aéreo (Banik, 1995). Sus entrenudos son más largos que anchos, generalmente huecos (raramente sólidos) y relativamente simétricos (Castaño & Moreno, 2004). Generan un grupo abierto con tallos distantes entre sí y pueden ser invasivos; generalmente se encuentran en regiones templadas e incluyen los géneros *Phyllostachys* y *Pleioblastus* (Lobovikov *et al.*, 2007).
- **Rizoma anfimorfo:** Combina los dos tipos de rizomas anteriores.

6.2. EL CULMO

El culmo es el tallo sobre el suelo que crece desde los rizomas subterráneos (Banik, 1995). El culmo consta de: a) Cuello, parte de unión entre el rizoma y el culmo; b) Nudos, representan los puntos de unión de los entrenudos, tienen uno o más brotes, su forma y tamaño dependen de la especie; c) Entrenudos, porción del culmo comprendida entre dos nudos, pueden presentar o no un exudado blanco sobre la superficie (cera), así como agua en la cavidad interna; suelen ser glabros y lisos, o ásperos y peludos cuando son jóvenes, volviéndose glabros en la madurez (Banik, 1995; Dransfield & Widjaja, 1995; Londoño & Clark, 2004).

El diámetro del culmo depende de la especie y el medio ambiente, y varía entre 0,5-20 centímetros, siendo previamente determinado por el diámetro del brote joven; los entrenudos del tronco medio son generalmente más largos que los inferiores o superiores (Dransfield & Widjaja, 1995). Con relación al hábito de los culmos, los bambúes se pueden agrupar en: a) estrictamente erectos, b) erectos pero arqueados en la punta, c) estrictamente trepadores, y d) erectos en la base y trepadores en la parte superior (Londoño & Clark, 2004). El culmo alcanza su altura máxima entre los cuatro y los seis meses de edad, según las condiciones climáticas de la zona y de la época de brotamiento; sin embargo, para adquirir la resistencia requerida para ser usado como material de construcción requiere cinco años en promedio (Castaño & Moreno, 2004).

6.3. LA YEMA

Es una pequeña estructura encerrada por un prófalo (primera hoja modificada de una rama) y localizada por encima del nudo, que tiene el potencial de desarrollarse como rama (Castaño & Moreno, 2004). Puede ser activa o inactiva, rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical; todos los bambúes americanos, con excepción de *Chusquea*, tienen una sola yema por nudo (Londoño & Clark, 2004).

6.4. HOJA CAULINAR

Es una hoja modificada que protege el culmo desde el momento en que emerge hasta sus seis primeros meses de crecimiento (Londoño & Clark, 2004). Su función es proteger a la yema, la cual da origen a las ramas y al follaje (Castaño & Moreno, 2004). Una hoja caulinar consiste en una vaina propiamente dicha, una cuchilla, una lígula y, a veces, una o dos aurículas (Dransfield & Widjaja, 1995). La lamina puede ser persistente (*Arthrostyidium*), decidua (*Aulonemia*), continua (*Guadua*), o discontinua con la vaina (*Eremocaulon* y *Elytrostachys*) (Londoño & Clark, 2004).

6.5. RAMIFICACIÓN

Las ramas de los bambúes se originan en la línea nodal, por encima de ésta o sobre un promontorio (Castaño & Moreno, 2004). La ramificación puede ser de tres tipos (Castaño & Moreno, 2004; Londoño & Clark, 2004):

- **Extravaginal:** Ramificación emerge a través de la base de la hoja caulinar (*Chusquea*).
- **Intravaginal:** Ramificación emerge por dentro de la hoja caulinar sin romperla (*Guadua* y *Arthrostylidium*).
- **Infravaginal:** Ramificación emerge por debajo de la base de la vaina sin romperla (*Dinochloa* y *Nastus*).

Las ramas se desarrollan mientras el culmo todavía está creciendo, o se desarrollan solo después de que el culmo alcanza su altura máxima (Dransfield & Widjaja, 1995). En algunos bambúes, las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas como sucede en la mayoría de las especies de *Guadua* (Londoño & Clark, 2004).

6.6. FOLLAJE

Son la principal estructura de elaboración de alimento en la planta; aunque en la mayoría de las gramíneas la hoja está formada sólo por la vaina, la lámina y apéndices como aurículas y fimbrias (Castaño & Moreno, 2004), en la subfamilia Bambusoideae la hoja tiene un pseudopeciolo, que es una estructura de unión, orientación y desarticulación entre la vaina y la lámina (Londoño & Clark, 2004). La lígula suele ser muy corta y completa, pero puede ser muy larga y profundamente laciniada; las aurículas pueden estar presentes en la parte superior de la vaina, y a menudo están provistas de cerdas muy largas (Dransfield & Widjaja, 1995).

6.7. LA INFLORESCENCIA

En los bambúes la inflorescencia puede tener aspecto de panícula o de racimo y se distinguen básicamente dos formas indeterminada y determinada: a) La inflorescencia indeterminada es aquella que se prolonga indefinidamente mediante la producción progresiva de ramas; b) La inflorescencia determinada es aquella que es estrictamente limitada (Londoño & Clark, 2004). Las flores o floretes de bambú son generalmente muy pequeños (2-15 mm de largo); cada florete comprende una lemma, una pálea, tres lodículos (a veces ausentes), 3 o 6 estambres y un ovario con 1 o 3 estigmas (Dransfield & Widjaja, 1995).

6.8. EL FRUTO

Consiste en un pericarpio que encierra la semilla, la cual consiste en endospermo y un embrión que comprende una radícula, una plántula y un escutelo; en este tipo de fruta, el endospermo se reduce mucho y el embrión tiene un gran escutelo que contiene una gran cantidad de granos de almidón que funcionan como almacenamiento de alimentos (Dransfield & Widjaja, 1995). Ciertos caracteres del fruto, como la forma y el tamaño del embrión y la forma del hilum, son muy significativos y sirven para distinguir grupos mayores dentro de las gramíneas y ayudan a delimitar taxonómicamente a la subfamilia Bambusoideae (Castaño & Moreno, 2004). Debido a lo extemporáneo y raro que es la floración en los bambúes, la información sobre sus frutos es aun incompleta (Londoño & Clark, 2004).

7. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

La propagación de plantas busca la preservación de las características únicas de la planta o grupo de plantas, las cuales son transmitidas de una generación a otra en la combinación de genes que se presenta en los cromosomas de las células, y la suma total de estas características determinan el genotipo de la planta, siendo la preservación de este genotipo la función principal de cualquier técnica de propagación, es decir, que produzcan la clase de planta que en particular se desea (Hartman & Kester, 1980).

7.1. PROPAGACIÓN SEXUAL

Es el método clásico de reproducción de la mayoría de las especies vegetales y es aquel que se desprende de la germinación de su semilla (Botero Cortés, 2003). La semilla de bambú se produce con poca frecuencia, debido a que la floración solo se presenta en intervalos o ciclos muy largos, y tiene poca viabilidad (Bystriakova *et al.*, 2003b), consiguiendo apenas un 50% de germinación y en la gran mayoría de las especies (Mercedes, 2006), por lo cual se requiere un sofisticado secado controlado y sellado en envases herméticos, técnicas que no están disponibles fuera de las instituciones de investigación (Banik, 1995).

En Asia el porcentaje de germinación de las semillas de varias especies fluctúa entre 26-52%; en América, las semillas de algunas especies como *Guadua angustifolia* presentan porcentajes altos de germinación, 95-100%, sin embargo, la probabilidad de que esta especie produzca semillas es escasa ya que un alto porcentaje de los flósculos de la espiguilla son parasitados en estado inmaduro por larvas de insectos principalmente de los órdenes Díptera e Himenóptera (Londoño y Clark, 2004).

7.2. PROPAGACIÓN ASEXUAL

La reproducción asexual o vegetativa es el proceso mediante el cual se multiplica o propaga un solo individuo mediante algún proceso de gemación, ello garantiza que todos los individuos resultantes sean genéticamente idénticos y se minimiza el origen de tipos recombinantes. Ello se debe a que en este proceso no participan las células reproductivas, no hay unión de gametos masculinos y femeninos, no hay reducción cromosómica o meiosis, ocurriendo sólo la mitosis, es decir la constitución genética y cualidades hereditarias son idénticas en todos los descendientes (Murillo *et al.* 2013).

Las condiciones básicas necesarias para la propagación vegetativa son: alta humedad del aire, medio de enraizamiento apropiado, intensidad de luz moderada a completa, protección contra plagas y enfermedades, encharcamiento y fuertes vientos; de estos, el mantenimiento de la alta humedad del aire y el encharcamiento de agua son los más críticos (Banik, 1995).

7.2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Según Murillo *et al.* (2013), entre las ventajas de la reproducción asexual o vegetativa, se tienen:

- Las plantas originadas de un mismo individuo (clon) son genéticamente idénticas, lo que significa que un genotipo seleccionado o mejorado se puede multiplicar, propagar y conservar uniforme todos sus caracteres, aun cuando sea heterocigoto.
- Los clones de igual constitución genética pueden registrar variación por efecto del ambiente, pero cuando ocurre mutación, variación somaclonal o sucede un cruzamiento favorable, este se puede seleccionar y mantener como un nuevo genotipo de interés.
- En cruzamientos o manipulaciones de otro tipo, cuando se generan plantas estériles (no producen semillas), éstas se pueden mantener a través de reproducción vegetativa.
- Obtención de cosechas en un menor período de tiempo, en comparación de lo que demanda el uso de la semilla sexual.
- La falta de producción de semilla puede proporcionar mayor valor a la parte vegetativa útil de la planta, por una mayor concentración de azúcares, aminoácidos, proteínas, aceites, fibras, etc., antes de la floración.

- La estabilidad genética de los clones se comprueba precisamente por la persistencia de los caracteres genéticos deseables en las plantas propagadas asexualmente.
- En especies dioicas no sería posible su reproducción de no ser vegetativamente. En especies forestales abundan los ejemplos de especies de importancia económica cuyo sistema reproductivo es dioico.

Por otro lado, Landis *et al.* (1999) mencionan que la propagación vegetativa tiene ciertas limitaciones:

- El material vegetal producido de forma vegetativa puede ser varias veces más caro que las plántulas.
- Ambientes de propagación: se requieren estructuras y equipos sofisticados, especialmente para la micropropagación.
- Trabajo intensivo: todos los métodos de propagación vegetativa requieren más trabajo manual, que a menudo supera el 80% del costo total.
- Reducción del vigor: algunas plantas de propagación vegetativa son menos vigorosas que las que se cultivan a partir de semillas.
- Pérdida de diversidad genética: la propagación vegetativa generalmente significa menos variación natural.
- Posibilidad de plagiotropismo: las plantas propagadas vegetativamente pueden perder el dominio apical.

Pese a ello, se requiere de propagación sexual ocasional ya que existe el peligro de que la floración y posterior muerte puedan ocurrir en un corto período después de la propagación, por lo que diversas fuentes de población en la plantación pueden proporcionar una protección ya que ganaría tiempo si la floración comenzara en cualquier sitio; esta estrategia de desarrollar plantaciones policlonales (de entre 10 y 30 clones diferentes) también garantizará una amplia base genética y ayudará a mantener el recurso (Banik, 1995).

7.2.2. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE BAMBÚES

a. Rizoma

La división del rizoma es tradicionalmente la mejor manera de propagar el bambú de forma vegetativa (Dransfield & Widjaja, 1995; Banik, 1995), su eficiencia en términos de supervivencia casi siempre es del 100% (Mercedes, 2006). La gente local prefiere este método de propagación porque los grupos jóvenes se producen rápidamente (Dransfield & Widjaja, 1995); sin embargo, puede resultar antieconómico pues la extracción de las raíces (caimanes) es muy complicada, además de no considerarse método de multiplicación sino de trasplante (Botero Cortés, 2003).

Consiste en la parte inferior de un solo culmo (generalmente con 3-5 nudos, es decir, aproximadamente 1-2,5 m) con el eje del rizoma basal y sus raíces (Banik, 1995). Los rizomas se obtienen de 1 a 2 años de edad luego de la siembra (Banik, 1995; Dransfield & Widjaja, 1995; Mercedes, 2006) y los brotes se producen después de 1-3 meses de haberlos sembrado, seguidos de la formación de raíces (Dransfield & Widjaja, 1995; Mercedes, 2006).

El culmo se corta con un corte inclinado y el rizoma al que está unido se excava y se corta a una longitud adecuada para incluir brotes bien desarrollados; para garantizar la supervivencia en el campo, se debe prestar atención a lo siguiente (Banik, 1995):

- El desplazamiento debe recogerse de un grupo de padres sanos.
- El rizoma y las raíces unidas no deben dañarse.
- El rizoma debe separarse del grupo de padres en el cuello.
- Los brotes en el rizoma deben presionarse ligeramente para ver que no están podridos. Los brotes sanos serán de color amarillo pajizo, los podridos serán de color marrón-negro.

Normalmente se obtienen y se trasplantan justo antes de la temporada de lluvias; se debe evitar cualquier sequía con riego, de lo contrario la supervivencia puede ser del 5% (Banik, 1995). Después de seis meses, las plantas jóvenes en el vivero están listas para ser trasplantadas al campo (Dransfield & Widjaja, 1995).

b. Segmentos de culmo

Esta modalidad requiere del aprovechamiento de culmos jóvenes de 2 a 3 años de edad (Dransfield & Widjaja, 1995; Mercedes, 2006), pese a que otros autores afirman que el culmo no

debe tener más de 2 años y los brotes deben estar sanos (Banik, 1995; Dransfield & Widjaja, 1995); las secciones de culmo deben contar con uno o dos nudos (Banik, 1995; Londoño & Clark, 2004). Cuantos más nudos haya en el corte, mayores serán las posibilidades de regeneración; sin embargo, los recortes que son largos crean problemas en el manejo y el transporte; el procedimiento de extracción es el siguiente (Banik, 1995):

- Los segmentos se seleccionan de la zona inferior a la media del culmo. La parte superior y las ramas laterales del culmo superior se descartan.
- Las ramas en la parte seleccionada del culmo se podan a una longitud de 10-30 cm, teniendo cuidado de no dañar los brotes existentes.
- Inmediatamente después del corte, encere los extremos cortados o envuelva los segmentos con bolsas de yute húmedas o colóquelas en aserrín / cáscara de coco / paja húmeda para minimizar la pérdida de agua de los extremos cortados.
- Transporte lo más rápido posible al lecho de propagación.

La parte del culmo más adecuada para hacer los esquejes difiere según la especie (Dransfield & Widjaja, 1995), mientras que la siembra de secciones de culmo se puede realizar horizontal o verticalmente (Botero Cortés, 2003), siendo mejor la siembra horizontal la cual se debe enterrar a 20 cm de profundidad, regando dos veces al día; los nuevos brotes se pueden empezar a observar entre la segunda y cuarta semana (Londoño & Clark, 2004).

Este método provee solución al problema de escasez y peso del material a plantar, pero el éxito en la germinación ha sido limitado (Londoño & Clark, 2004); sin embargo, se mejoran los prendimientos agregando agua a los entrenudos y se pueden utilizar tallos de diferentes dimensiones pero que contengan siempre un nudo con yema activa para que desarrolle la nueva planta, llegando a valores cercanos al 70% (Botero Cortés, 2003). Aunque los esquejes de rizoma son tradicionalmente el modo preferido de propagación vegetativa, los esquejes de culmo tienen la ventaja de que se pueden obtener más esquejes de un grupo y los costos de transporte, manipulación y mano de obra son más bajos (Dransfield & Widjaja, 1995).

c. Segmentos de ramas

La propagación a través de esquejes de ramas es uno de los métodos más prácticos debido a la facilidad de manejo (Banik, 1995). Es útil, práctico y efectivo, además de ser fácilmente

manejable e ideal para establecer plantaciones a gran escala (Londoño & Clark, 2004). Las ramas deben seleccionarse en culmos de 1-2 años (Banik, 1995; Dransfield & Widjaja, 1995). Los esquejes de ramas desarrollan raíces después de 3 a 6 meses y rizomas después de 12 a 15 meses (Dransfield & Widjaja, 1995), aunque también se afirma que requieren de 6 a 12 meses para el enraizamiento, y de 12 a 30 meses para el desarrollo del rizoma (Banik, 1995).

La eficiencia del enraizamiento varía en cada especie, depende del tamaño del culmo y del grosor de la pared, siendo las ramas más gruesas aquellas con mayor capacidad para enraizar que las más delgadas, probablemente debido a una mayor reserva de alimento; el enraizamiento es eficiente en un medio de cascarilla de arroz y carbón (Londoño & Clark, 2004).

La rama se corta a 2-6 nudos con brotes sanos y esto generalmente tiene 50-80 cm de largo dependiendo de la especie, la cual se planta en la cama con una separación de 2-3 cm y a una profundidad de 7-10 cm (Banik, 1995), se debe tener cuidado de no dañar los brotes inactivos (Dransfield & Widjaja, 1995). Se desarrollarán nuevos culmos a partir de la base de los esquejes dentro de los 30-60 días; sin embargo, los esquejes deben retirarse de la cama antes de que se produzcan los nuevos tallos y se trasplanten a bolsas de polietileno (15 x 23 cm) (Banik, 1995). Comúnmente se aplica en la siembra de *Dendrocalamus asper*, especie que se caracteriza por sus raíces aéreas en la base de las ramas laterales (Londoño & Clark, 2004).

d. Cultivo *in vitro*

Consiste en la extirpación de un pequeño pedazo de tejido vegetal, la limpieza de microorganismos (condiciones asépticas de laboratorio) y el cultivo en un medio artificial en un tubo de ensayo o en un pequeño recipiente de laboratorio (Landis *et al.*, 1999).

Presenta ventaja sobre los demás sistemas debido a (Londoño & Clark, 2004):

- a) La múltiple obtención de material que se consigue a partir de una yema meristemática ya que la multiplicación es logarítmica.
- b) Se facilita el intercambio de germoplasma a nivel internacional por el tamaño de la muestra, y porque se minimiza la contaminación microbial.
- c) La propagación *in vitro* de materiales provenientes de semilla, evita la homogeneidad en las plantaciones comerciales futuras, ya que la propagación masiva vegetativa conduce al degeneramiento genético del cultivo.

e. **Chusquines**

El "chusquín" es un brote delgado que sale de una yema superior del rizoma, y se extrae con un segmento de tallo y un trozo de rizoma basal (Londoño & Clark, 2004). Constituye un mecanismo de defensa de la planta al no tener follaje que promueva la fotosíntesis producto de poblaciones que han sido sobre aprovechadas o afectadas por incendios, quemas o acción del viento (Botero Cortés, 2003).



Figura 3: Colecta de chusquines.

7.2.3. ETAPAS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR EL MÉTODO DE CHUSQUINES

a. Bancos de propagación

El área donde se cultivan los chusquines manejándolos en condiciones controladas para obtener máxima reproducción se denomina banco de propagación (Botero Cortés, 2003). Su área dependerá de la cantidad de plántulas requeridas, de la disponibilidad de insumos, y de la frecuencia y la facilidad de ejecución de las labores de cultivo planeadas (Castaño & Moreno, 2004).

De un primer chusquín que ha contado con condiciones de riego y manejo adecuadas, a los tres o cuatro meses se generan en promedio nueve brotes nuevos, o chusquines, con capacidad de

iniciar, a su vez, nuevos procesos de producción de brotes o hijos (Castaño & Moreno, 2004). Las mejores condiciones donde se desarrollan los chusquines obteniendo el mayor número de brotes en el menor tiempo posible son aquellas donde los suelos son franco arenosos y muy fértiles, la humedad está controlada y estrictamente dosificada de acuerdo a los requerimientos de la planta mediante riegos periódicos y no debe haber competencia con plantas indeseables (Botero Cortés, 2003).

Normalmente los chusquines se deshijan (segregan) a los tres meses de sembrados en el banco de propagación y deben sembrarse lo antes posible ya sea en bolsas plásticas llenas de sustrato fértil, o nuevamente en banco de propagación para continuar multiplicando el número de plantas, pero ese tiempo depende directamente del sustrato donde están sembrados y sobre todo de las condiciones atmosféricas (Botero Cortés, 2003).

b. Invernadero

Una vez trasplantados los chusquines, se llevan de inmediato al invernadero o, en su defecto, a las eras con sombra regulada (umbráculos). El invernadero permite regular la temperatura y la humedad, con lo que el desarrollo de raíces y tallos se acelera. Las plántulas se dejan durante diez días en condiciones de sombra regulada y de buen riego (Castaño & Moreno, 2004).

c. Eras de crecimiento

Después, los chusquines enraizados se llevan a condiciones normales de vivero (eras de crecimiento), pero se debe cuidar que tengan riego continuo. Los chusquines deben permanecer en las eras al menos sesenta días. Allí se continúan el control de malezas, el riego permanente y la fertilización. Esta última se realiza así: treinta días después de haber llevado los chusquines al umbráculo, se aplica DAP o Triple 15 en dosis de 3 gr por bolsa; adicionalmente, cada quince días se deben realizar fertilizaciones foliares con urea o Nitro-K, 4 gr de fungicida protectante por litro de agua (Castaño & Moreno, 2004).

La plántula estará en condiciones de ser transportada al sitio de plantación cuando llegue a su estado ideal de desarrollo, el cual se reconoce porque la planta habrá adquirido una altura adecuada (25 cm), numerosos rebrotes y vigorosidad (Castaño & Moreno, 2004). No deben llevarse a campo plantas amarillas, con menos de tres tallos y mucho menos delgados (Botero Cortés, 2003).

8. ESTADO DE CONOCIMIENTO DEL GÉNERO GUADUA EN AMÉRICA Y SUS ESTUDIOS EN PROPAGACIÓN VEGETATIVA

A continuación, se presenta una aproximación al estado de conocimiento del género *Guadua* en su rango de distribución natural y sus correspondientes estudios respecto a la propagación vegetativa. La presente contribución se realizó en mayo de 2019, obteniendo información de la presencia de especies por parte de la página *Tropicos.org*. (**Anexo 2**).

Se reporta la presencia de 46 especies del género *Guadua* distribuidas en 23 países, siendo Brasil (24 spp.), México (13 spp.), Bolivia (12 spp.), Venezuela (12 spp.) y Perú (11 spp.) los países con mayor diversidad para este género de Poaceae; ello difiere a lo mencionado por Botero Cortés (2003) quien afirma la presencia aproximada de 30 especies y la ausencia del género en el Caribe. Asimismo, las especies con mayor distribución son *Guadua angustifolia* Kunth (17 países), *Guadua paniculata* Munro (13 países) y *Guadua amplexifolia* J. Presl (9 países), mientras que 22 de estas especies (48% del total) se reportan para un solo país, lo cual podría indicar un alto nivel de endemismo; sin embargo, se requieren mayores investigaciones en cuanto a la biogeografía del género.

Por otro lado, para el Perú se reportan 11 especies: *Guadua angustifolia* Kunth, *Guadua glomerata* Munro, *Guadua lynnclarkiae* Londoño, *Guadua macrospiculata* Londoño & L.G. Clark, *Guadua macrostachya* Rupr., *Guadua parviflora* J. Presl, *Guadua sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson, *Guadua superba* Huber, *Guadua takahashiae* Londoño, *Guadua tessmannii* Pilg. y *Guadua weberbaueri* Pilg.

Sobre los estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (**Tabla 2**), se evidencia un aumento en la cantidad de estudios para este rubro a partir del año 2005 hacia el presente, reportándose un promedio de dos publicaciones al año. Asimismo, estos estudios se concentran en siete especies del género en mención, lo cual representa el 15% del total, siendo la *Guadua angustifolia* Kunth (21 publicaciones) y *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson (2 publicaciones) aquellas especies con mayor presencia en este tipo de investigaciones. Debido a lo expuesto anteriormente, se resalta la necesidad de mayores estudios en las especies del género *Guadua* mediante el uso de distintos métodos de propagación vegetativa.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua*.

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	Variables evaluadas
<i>Andrade Núñez, DH.</i>	2013	Provincia de Bolívar, Ecuador	Estacas	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Porcentaje de plántulas prendidas, número de brotes por planta, altura del brote (cm), número de hojas, número de entrenudos, longitud de entrenudos (cm), diámetro del tallo (mm), porcentaje de sobrevivencia, volumen de la raíz (cm ³), longitud de la raíz (cm), registros de costos.
<i>Arancibia Alfaro, AV.</i>	2017	Provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, Perú	Secciones de ramas	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Guadua weberbaueri</i> Pilg., <i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño	Supervivencia, número de raíces, longitud de raíces promedio, porcentaje de brotación, número de brotes.
<i>Araujo Espinoza, DL.</i>	2015	Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú	(1) Yema con segmento de rama con dos nudos, (2) segmento de culmo con dos nudos y perforación y (3) segmento de rama con dos nudos	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne	Tiempo de emisión de brotes, porcentaje de brotes emitidos, porcentaje de sobrevivencia de brotes, altura de brotes.
<i>Bonilla C., FE; Espinosa R., JC & Sánchez de Prager, M.</i>	1998	Departamento del Cauca, Colombia	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Altura (cm), diámetro (mm), número de brotes, peso seco de la parte aérea (g), peso seco de raíz (g), volumen de raíz (cm ³) y porcentaje de infección micorrizica.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (continuación).

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	Variables evaluadas
<i>Canchan Salvador, RE.</i>	2017	Provincia de Chanchamayo, región Junín, Perú	Estacas	<i>Guadua glomerata</i> Munro	Altura de la planta (cm), área foliar (cm ²), longitud de la raíz máxima (cm), peso de raíz seco y fresco (g), número de rizomas por planta, número de brotes por planta y número de raíces por planta.
<i>Cruz Rios, H.</i>	1995	Colombia y México	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	-
<i>Forero P., LA; Cabrera B., LE & Delgado C., CA.</i>	2005	Departamento del Nariño, Colombia	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Diámetro basal (cm), altura (cm), índice de robustez y porcentaje de sobrevivencia.
<i>Gallardo, J; Freire, M; León, J; García, Y; Pérez, S & González, M.</i>	2008	Cuba	Estacas	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Número de yemas brotadas, incremento de la brotación, diámetro de la base de los brotes, altura de los brotes (cm), número de hojas, comienzo de la emisión de las yemas (días), primer entrenudo visible y número de entrenudos.
<i>Lárraga-Sánchez, N; Gutiérrez-Rangel, N; López-Sánchez, H;</i>	2011	Municipio de Chietla, estado de Puebla, México	Chusquines, vareta y por segmento nodal	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Bambusa oldhamii</i> Munro y <i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Supervivencia, número de hijuelos, altura, diámetro del tallo, número de hojas, número de raíces y longitud de la raíz principal del primer hijuelo.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (continuación).

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	Variables evaluadas
<i>Pedraza-Santos, ME; Vargas-Hernández, J; Santos-Pérez, G & Santos-Pérez, UI.</i>					
<i>Ledesma Martinez, YR.</i>	2017	Municipio de Pitalito, departamento de Huila, Colombia	de Estacas	Ecotipos de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth (Cotuda, Cebolla, Rayada Nigra, Macana, Castilla y Rayada Amarilla)	Altura, índice de robustez y porcentaje de sobrevivencia.
<i>Ludovico de Sousa, JR.</i>	2018	Brasilia, Distrito Federal, Brasil	Semillas, rebrotes laterales secundarios junto con el anillo retirado del culmo principal, trozos de rebrotes laterales secundarios conteniendo tres nudos y discos del culmo principal que contiene una yema lateral.	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl., <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i> Rivière & C. Rivière, <i>Bambusa oldhamii</i> Munro, <i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro, <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne, <i>Guadua angustifolia</i> Kunth y <i>Guadua chacoensis</i> (Rojas) Londoño & Peterson	Área basal del tocón de bambú (m ²), cobertura de la mata de bambú (m ²), altura de la planta, densidad de culmos por mata de bambú y crecimiento en número de brotes.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (continuación).

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	Variables evaluadas
Macias Tachong, FJ.	2005	Cantón Valencia, provincia de Los Ríos, Ecuador	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Altura de la planta, diámetro basal, número de brotes, longitud de brotes y sobrevivencia.
Mamani Mollo, JR.	2018	Municipio de Palos Blancos, provincia de Sud Yungas, departamento de La Paz, Bolivia	Rizomas, secciones de culmo de la parte basal con dos nudos y secciones de culmo de la parte apical con dos nudos.	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Guadua angustifolia</i> var. <i>bicolor</i> Londoño	Porcentaje de prendimiento, días a la brotación, altura de la planta, diámetro del cuello, porcentaje de rebrote, días al rebrote, número de brotes, diámetro de la raíz, longitud de la raíz y porcentaje de sobrevivencia.
Márquez de Hernández, L; Marín Ch., D.	2011	Ciudad de Maracay, municipio Girardot, estado Aragua, Venezuela.	Chusquines	<i>Guadua amplexifolia</i> J. Presl, <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Porcentaje de brotación, número de brotes basales, crecimiento longitudinal de brotes (cm), acumulación de materia seca (g/planta) y área foliar (m ² /planta).
Noboa Salazar, JL.	2014	Provincia de Los Ríos, Ecuador	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Altura de plántulas, número de macollos a los 100 días, número de hojas funcionales, longitud radicular, biomasa y peso radicular y porcentaje de prendimiento.
Nuñez, N; Calvache, M; & Briones, E.	2006	Cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha, Ecuador	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Porcentaje de prendimiento, altura de planta a los 30, 60 y 90 días, número de hijuelos por planta, días a la obtención de plántulas y análisis económico.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (continuación).

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	VARIABLES evaluadas
Pereira da Fonseca, FK.	2007	Municipio de Rio Largo, estado de Alagoas, Brasil	Estacas de ramas secundarias	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Número y longitud de brotes, número y longitud de raíces de los brotes y tasa de mortalidad.
Ponciano Filho, VV.	2017	Municipio de Dois Vizinhos, estado de Paraná, Brasil	Estacas de ramas secundarias	<i>Guadua chacoensis</i> (Rojas Acosta) Londoño & P.M. Peterson	Ausencia de nuevos brotes, longitud de los brotes y tasa de mortalidad.
Quispe Janampa, D. P.	2009	Distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú	Esquejes	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne y <i>Gigantochloa apus</i> (Schult. & Schult. f.) Kurz	Número de brotes, número de hojas y altura de brotes.
Ruiz Rodríguez, JG.	2013	Distrito de La Molina, provincia de Lima, región Lima, Perú	Chusquines	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Altura y diámetro.
Sánchez Martínez, A. M.	2017	Cantón Archidona, provincia de Napo, Ecuador	Segmentos principales de ramas	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne y <i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Supervivencia, número de brotes, número de raíces y longitud de raíces.

Tabla 2: Estudios de propagación vegetativa del género *Guadua* (continuación).

Autor(es)	Año	Lugar de estudio	Método de propagación vegetativa	Especies	VARIABLES EVALUADAS
Sánchez Monsalvo, V; Ordoñez Prado, C; Tamarit Urias, JC; Hernández Zaragoza, P & Alvarez Muñoz, M.	2016	Estado de Puebla, México	Chusquines	<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex E. Fourn.	Número de brotes, diámetro de la planta madre, altura promedio de los brotes, diámetro promedio de los brotes, número promedio de hojas de los brotes, longitud promedio de las hojas de los brotes y ancho promedio de las hojas de los brotes.
Soto Amado, W.	2011	Distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú	Esquejes	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth y <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne	Porcentaje de emisión de brotes, supervivencia y prendimiento; altura del brote principal, número y porcentaje de esquejes enraizados, longitud máxima de la raíz por esqueje y rendimiento radicular por esqueje.
Trillo Mendoza, YA.	2014	Sector Rafael Gastelúa, distrito de Satipo, provincia de Satipo, región Junín, Perú	Ramas primarias, ramas secundarias y segmentos de ramas	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth, <i>Guadua</i> aff. <i>angustifolia</i> Kunth, <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne y <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i> Rivière & C. Rivière	Porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de brotes/planta, número de hijuelos/planta, número de raíz/planta, longitud de la raíz – promedio /planta y longitud de la raíz – Max /planta.

Estudios de propagación in vitro no fueron incluidos.

9. VIVERO FORESTAL

9.1. DEFINICIÓN

Un vivero forestal es un área dedicada a la producción de árboles de especies forestales, destinados a ser utilizados en la restauración, forestación, reforestación, repoblación forestal o cualquier otra actividad que involucre el establecimiento de especies forestales. Es imprescindible estar al tanto de que la producción de plántulas es un proceso que inicia con la planeación del tipo de producción, la obtención del material a producir y el manejo, que culmina con la entrega de los árboles listos para sembrar en el campo (Sanchún & Obando, 2016).

Rojas Rodríguez (2006) menciona que establecer un vivero forestal puede producir muchos beneficios, entre ellos destacan:

- Se evita depender de otros.
- Los costos de producción son bajos.
- Los árboles sufren menos daño al plantarlos cerca del lugar de producción.
- Producen las especies deseadas.
- Se produce la cantidad deseada.
- Se controla la calidad del material a plantar.
- Es un negocio muy rentable si está bien planificado.
- Contribuye a mejorar el ambiente con los programas de reforestación.

9.2. TIPOS DE VIVEROS

Existen varias clasificaciones de vivero, entre las cuales resaltan:

9.2.1. VIVEROS PERMANENTES

Son aquellos viveros cuya instalación se realiza con materiales duraderos, infraestructura de cemento, acabados con madera cuyas propiedades tecnológicas aseguran su durabilidad, disponen de ciertas infraestructuras que le caracterizan, como oficinas, almacenes, tanques elevados, sistema de riego, contando asimismo de equipos costosos, como bombas de agua, instalación que garantiza su uso para muchas campañas de producción de plántulas, generalmente estos son construidos por institutos de investigación, en programas de desarrollo a mediano y largo plazo y por empresas dedicadas a la venta de plántulas (Oliva *et al.*, 2014).

9.2.2. VIVEROS TEMPORALES

Usualmente contruidos por las familias, cuya infraestructura es bastante simple, se utilizan materiales del bosque, como madera redonda, hojas de palmera para producir el tinglado o techo de las camas de almacigo y repiques, para que produzcan sombra o protección contra la luz solar a las semillas almacenadas o plántones repicados, sogas de monte para los amarres, todos estos materiales tienen una duración por un periodo de tiempo corto, pero lo suficiente para que cumpla con su objetivo de producir plántones para una o dos campañas de reforestación (Oliva *et al.*, 2014).

9.3. COMPONENTES DEL VIVERO FORESTAL

Un vivero forestal debe contar con la infraestructura adecuada para ejecutar correctamente sus funciones, entre las cuales se encuentran:

9.3.1. GERMINADORES O BANCOS DE PROPAGACIÓN

Son lugares preparados para la germinación y desarrollo inicial de las plantas. La mayoría de las veces son de forma rectangular, de 100 a 110 centímetros de ancho con largos variables, según las necesidades de producción. Pueden construirse con bloques, ladrillos, piedra, tablas, troncos de árboles, tallos de bambú, camellones de tierra, entre otros materiales de la zona. En las zonas secas pueden construirse al nivel del suelo y en las zonas lluviosas deben estar sobre el nivel del suelo, para permitir el drenaje del agua y evitar encharcamientos (Piñuela *et al.*, 2013).

9.3.2. INVERNADEROS O INVERNÁCULOS

Un invernadero es una construcción agrícola que se diseña y se construye buscando generar un microclima óptimo para el desarrollo y crecimiento de los cultivos. La optimización del microclima dentro de estas estructuras agrícolas busca propósitos como aumentar el rendimiento de los cultivos, mejorar la calidad del producto final, lograr la producción sistemática y fuera de estación de cultivos hortícolas en zonas donde la condición climática local en algunos periodos del año impide el establecimiento de estos a campo abierto (Villagrán Munar, 2016).

Esta cubierta produce una atmósfera cerrada, reduciendo en el intercambio de aire entre el ambiente del cultivo y el ambiente exterior y una reducción muy marcada de la velocidad del aire en el interior. La energía captada y el vapor de agua transpirado son a su vez alterados por el cerramiento, limitando el intercambio de forma que son acumulados ambos en el ambiente interior. La radiación solar parte se transmite a través del cerramiento y parte es reflejada,

mientras que la radiación térmica emitida desde el interior no es transmitida a través del cerramiento hacia el exterior. La concurrencia de los cultivos en invernadero durante épocas forzadas con bajas condiciones de radiación, obligan en muchos casos a mejorar notablemente el resto de condiciones que afectan al cultivo con objeto de obtener una elevada producción (Pujante García, 2001).

Los invernaderos permiten obtener condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo y crecimiento de las plantas dentro de un espacio cerrado. Por lo tanto, se crea una barrera física entre los cultivos dentro del invernadero y el clima exterior, esto ayuda a proteger a las plantas de los fenómenos climáticos como la caída de granizas y heladas que dañan los cultivos, así como también de los fuertes vientos y las lluvias. Por otro lado, facilita el control de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos y que pueden ocasionar grandes pérdidas en la producción (Reyna Huamán, 2015).

9.3.3. ERAS DE CRECIMIENTO

Las eras de crecimiento, como norma general, tienen 1,00 o 1,20 m de ancho y de 10 a 20 m de longitud (tamaño que puede variar con el establecimiento del sistema de riego). Estas son agrupadas en bloques o secciones divididas casi siempre según la organización de la siembra o la distribución de la red de riego. Generalmente, se dispone de un espacio de 50 o 60 centímetros entre eras a fin de permitir el desarrollo de actividades como traslado de plántulas, deshierbe, fertilización, entre otras (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, 2002).

9.3.4. ÁREA DE MEZCLA DE SUSTRATO Y TRASPLANTE

En esta área se lleva a cabo la preparación del sustrato para el llenado de las bolsas y/o tubetes. Debe estar ubicada, en lo posible, cerca de un camino para que los vehículos que transportan el material tengan acceso directo. Las instalaciones deben estar techadas, preferiblemente, para controlar la humedad, facilitar el llenado de bolsas y proteger a los trabajadores de las condiciones climáticas (Sanchún & Obando, 2016).

9.3.5. TINGLADO O SOMBREADERO

En la propagación de plantas, los sombreaderos tienen múltiples usos, en particular en relación con el trasplante y el mantenimiento de plantas de sombra o delicadas. En ciertas épocas en que las necesidades de agua son relativamente bajas, un sombreadero se usa solo para tener en él plantas para exposición y venta (Hartman & Kester, 1995).

La construcción de los sombreaderos varía mucho. Hay disponibles sombreaderos de aluminio prefabricados, pero resultan más costosos que las estructuras de madera. Más comúnmente se usan postes de madera o de hierro, empotrados en concreto si es necesario, para sostener los travesaños. A veces la sombra se proporciona con tiras delgadas de madera de unos 5 cm de ancho, colocadas para dar de uno o dos tercios de cobertura, según las necesidades. Para hacer una construcción poco costosa, se pueden usar rollos de cerca para nieve extendidos sobre una estructura. Los tejidos de plástico, telas de Saran o polipropileno, se usan ampliamente para proporcionar sombra. Estos materiales existen disponibles en diferentes densidades, permitiendo así proporcionar a las plantas luz de diversas intensidades. Son livianas y se pueden colocar fijas a alambres gruesos tendidos entre los soportes. Como una alternativa al sombreado, en regiones que naturalmente tienen veranos frescos, en los días calientes se pueden aplicar riegos de aspersión (Hartman & Kester, 1995).

9.4. LABORES CULTURALES

9.4.1. RIEGO

El agua es el factor que más puede afectar el crecimiento y la sanidad de las plantas por sí solo. Es esencial para casi todos los procesos vegetales: la fotosíntesis, el transporte de nutrientes, el crecimiento y el desarrollo celular. De hecho, del 80 al 90% del peso de un plantín es agua, por lo cual el manejo del riego es una de las tareas más trascendentes dentro de un vivero. Se debe determinar cómo, cuándo y cuánto regar. Si bien saltarse un solo evento de riego puede causar daños severos e incluso ocasionar la muerte de plantas, en cualquier etapa de desarrollo, el exceso de riego también genera problemas, ya que es la principal causa de las enfermedades de las raíces, además de producir otros inconvenientes durante el crecimiento de los plantines (Dumroese *et al.*, 2012).

El agua no sólo debe existir en la cantidad necesaria, sino que también debe cumplir con requisitos de calidad de los que depende la producción de plantas. La calidad del agua es un factor importante al momento de evaluar la factibilidad de usarla como riego suplementario en el vivero. Esta consideración debe ser evaluada antes de seleccionar el sitio de ubicación de la estructura. Factores como la concentración de sales solubles, la acidez y la conductividad eléctrica son algunos indicadores que sirven para determinar la calidad del agua (Quiroz Marchant *et al.*, 2009).

9.4.2. DESHIERBE

El deshierbe es la operación de extraer y eliminar plantas ajenas a las cultivadas. La eliminación manual, arrancándolas y no cortándolas, es la más indicada. La aplicación de cualquier herbicida puede traer más problemas que beneficios en viveros forestales (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, 2002).

Después del riego se realiza esta actividad eliminando las hierbas que se encuentran en las bolsas y bancales. Se recomienda no dejar que las hierbas enraícen y produzcan semillas. El deshierbe se debe suspender de 30 a 45 días antes de la plantación al campo definitivo, ya que la planta está en su período de endurecimiento; sin embargo, cabe señalar que en el momento de su salida al campo sí se debe deshierbar, para que el arbolito no lleve las malezas a la plantación (Jimenez Peris, 1994).

10. INDICADORES DE CALIDAD DEL MATERIAL VEGETATIVO

10.1. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

Estos rasgos se pueden ver y medir fácilmente, como la altura del tallo, el diámetro del tallo (collar de la raíz), el volumen de la raíz y el peso seco de la raíz y el brote. Durante el proceso de trasplante, estos rasgos no cambian apreciablemente (Landis *et al.*, 2010).

10.1.1. ALTURA

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración (Quiroz Marchant *et al.*, 2009). Suele haber una baja correlación entre la altura de un plantín y su supervivencia, excepto bajo condiciones estresantes en el sitio de plantación, en donde la correlación es negativa. Cuando las condiciones son favorables, la altura no se relaciona con la supervivencia, pero plantines altos pueden tener una supervivencia reducida cuando las condiciones son desfavorables (Mexal, 2012).

10.1.2. SISTEMA RADICAL

El volumen de raíz esta dado fundamentalmente por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Un mayor número de raíces laterales y una mayor longitud de estas y de la raíz principal puede significar un aumento en la estabilidad de la planta y una mejor capacidad exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico. Por su parte, una mayor fibrosidad conduce a una mayor capacidad de absorción y a un mayor contacto suelo-raíz (Quiroz Marchant *et al.*, 2009).

10.2. ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS

Estos rasgos no son fácilmente visibles y deben medirse con instrumentos o mediante procedimientos de laboratorio. En contraste con las características morfológicas, los atributos fisiológicos cambian a menudo y, a veces, dramáticamente durante el proceso de trasplante. Por lo tanto, cualquier medición de la calidad fisiológica es una "instantánea", relevante solo para un breve punto en el tiempo. Algunos atributos fisiológicos comunes incluyen resistencia al frío y latencia de yemas (Landis *et al.*, 2010).

Adicionalmente, Mexal (2012) menciona los siguientes atributos fisiológicos:

- Resistencia al frío.
- Índice mitótico.
- Potencial de crecimiento radical.
- Hidratos de carbono.
- Fluorescencia de clorofila.
- Nutrientes.
- Pérdida electrolítica del sistema radical.
- Genética.

10.3. ATRIBUTOS DE RENDIMIENTO

Estos rasgos se pueden evaluar solo sometiendo a las plantas a ciertos protocolos de prueba predefinidos y observando cómo se desempeñan. Las pruebas de rendimiento tienen un gran valor porque evalúan e integran un amplio espectro de características morfológicas y fisiológicas a la vez. Desafortunadamente, las pruebas de rendimiento son laboriosas, requieren mucho tiempo y, por lo tanto, son caras; sin embargo, debido a su atractivo intuitivo, las pruebas de rendimiento han encontrado un amplio uso en la evaluación de la calidad de la planta. Una de las pruebas de rendimiento más antiguas y aún más utilizadas es la prueba del potencial de crecimiento de la raíz (Landis *et al.*, 2010).

III. METODOLOGÍA

1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en el Vivero Forestal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, Lima, Perú. Este vivero se localiza a 240 m.s.n.m., en las coordenadas siguientes: 12°05' latitud sur y 76°56' latitud oeste.

Su clima corresponde, según las zonas de vida de Holdridge, a un desierto desecado-Subtropical (dd-S), el cual se caracteriza por tener una biotemperatura media anual máxima de 22,2°C y la media mínima de 17,9°C, así como un promedio máximo de precipitación total por año de 44 mm y un promedio mínimo de 2,2 mm (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

El estudio se llevó a cabo de agosto de 2018 a inicios de abril de 2019, obteniendo datos meteorológicos para dicho periodo por parte del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt.

Tabla 3: Datos meteorológicos del periodo de evaluación

	Ago 2018	Set 2018	Oct 218	Nov 2018	Dic 2018	Ene 2019	Feb 2019	Mar 2019
Temperatura máxima (C°)	18,81	20,56	21,9	23,9	27,55	27,92	30,12	29,43
Temperatura promedio (C°)	15,46	16,31	17,5	19,0	21,04	23,32	25,24	23,89
Temperatura mínima (C°)	13,71	13,84	15,0	15,6	17,14	19,97	20,16	19,53
Humedad (%)	82,72	80,46	79,0	76,0	74,60	72,00	68,08	68,82
Precipitación acumulada (mm)	2,3	1,1	19,6	0,7	0,3	1,2	3,1	0,0

Se habilitó un terreno de aproximadamente 50 m² con fines de investigación y propagación de bambú, lugar donde se desarrollaron los experimentos; dicho terreno fue cubierto con malla Raschel de 50%, dentro del cual se habilitaron bancos de propagación de 1,20 m x 3,00 m, delimitándose con tablas bajo el nivel del suelo. Para proceder a la preparación del sustrato, se zarandeó el suelo agrícola para despejarlo de gravas gruesas, mezclándolo posteriormente con compost y arena en proporción 3:2:1 respectivamente (**Figura 4**). Luego, se nivelaron las camas para evitar la acumulación de agua de riego en ciertos sectores y la proliferación de hongos.



Figura 4: Sustrato empleado para la propagación vegetativa.

Finalmente, cada una de las camas fue desinfectada con cinco litros de fungicida agrícola en una relación de 1 g/L de agua, realizando la aspersión con pulverizadores manuales; siguiendo las indicaciones del producto, la desinfección se realizó 48 horas antes de la plantación. Las cantidades se pesaron en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM. Asimismo, el sustrato, en igual mezcla y proporción, fue empleado para las etapas en bolsa, aplicando un riego intensivo previo al trasplante del material vegetativo en los envases.

2. LUGAR DE COLECTA Y PROCEDENCIA

El material vegetativo a propagar fue obtenido de la macro región nororiental, lugar donde se desarrolla la *Guadua* aff. *angustifolia* de manera natural y reducida, empleando chusquines provenientes de la Granja Ganadera de Calzada, perteneciente al Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), cuyo vivero viene reproduciendo esta y otras especies desde hace algunos años; el distrito de Calzada pertenece a la provincia de Moyobamba, región San Martín.

3. MATERIALES, EQUIPOS, HERRAMIENTAS, INSTRUMENTOS E INSUMOS

Para el desarrollo de la presente investigación, se emplearon los siguientes materiales, insumos y herramientas:

3.1. MATERIALES

El material empleado para la propagación consistió en 99 chusquines en bolsas de polietileno, los cuales fueron plantados en los bancos de propagación con su respectivo pan de tierra incluido, con la finalidad de reducir el estrés de las plantas. El material mencionado contaba con poco tiempo de haber sido trasplantado a bolsa para continuar con la propagación.

3.2. EQUIPOS

Para la colecta del material empleado para la identificación botánica de la especie en estudio, se empleó una motosierra marca Husqvarna para la extracción de culmos, así como un navegador GPS para la ubicación de los mismos.

3.3. HERRAMIENTAS

Para la instalación de los bancos de propagación y las diversas labores desarrolladas en el vivero, se empleó:

- Carretilla
- Pala cuchara
- Pala de jardinero angosta
- Pulverizador manual 2 L
- Rastrillo
- Regaderas 5 L
- Tijera de podar
- Zaranda

Asimismo, para la colecta del material empleado para la identificación botánica de la especie en estudio, se emplearon machetes para la limpieza del área.

3.4. INSTRUMENTOS

Se emplearon:

- Balde medidor 20 L
- Jarra medidora 1 L
- Regla de 60 cm de longitud
- Wincha
- Insumos

Para la instalación de bancos de propagación (03) se empleó:

- 18 sacos de suelo agrícola (conocido como tierra de chacra) de aproximadamente 45 kg c/u.
- 21 sacos de compost de aproximadamente 25 kg c/u.
- 255 kg de arena.

Para la fumigación se utilizó Farmathe – Fungicida agrícola (fungicida sistémico y erradicante, efectivo contra un amplio rango de hongos que afectan diversos cultivos en el campo); para el embolsado de sustrato se emplearon bolsas de polietileno de 6 x 8 y para el riego de las plantas se utilizó agua potable proveniente de SEDAPAL.

Para la promoción del enraizamiento, labor necesaria durante todo el proceso, se agregó Razormin, marca Atlántica, el cual es un producto bioestimulante y enraizante (**Anexo 3**). Esta labor se realizó en función a la necesidad por parte del bambú de desarrollar su sistema rizomático para promover su correcto establecimiento, lo cual es respaldado por diversas investigaciones (Trillo Mendoza, 2014; Arancibia Alfaro, 2017; Móstiga Rodríguez, 2020).

4. METODOLOGÍA

4.1. IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

La especie en estudio presenta similitudes, en cuanto a apariencia, respecto a la *Guadua angustifolia* Kunth, ocasionando que no sea estudiada a mayor profundidad debido a que esta última ya cuenta con investigaciones en diversas áreas y a ambas se les considera la misma especie, pese a presentar distintos comportamientos en cuanto a producción y tiempo durante los primeros años de crecimiento, tales como la generación masiva de brotes en su reproducción en vivero, así como la demora en su desarrollo en altura durante los primeros años de establecimiento.

Por ello, se identificó la necesidad de realizar la identificación botánica de la especie en estudio, para lo cual se realizaron colectas de secciones de culmo, rizoma y hojas caulinares, así como la toma de fotografías e información en campo correspondiente a los individuos colectados procedentes de la región San Martín, material que fue distribuido a instituciones y especialistas en taxonomía de bambúes.

4.2. ENSAYOS PRELIMINARES

Se realizaron ensayos preliminares con la finalidad de ajustar la metodología a ser empleada, adecuar el experimento bajo distintas condiciones y evaluar la respuesta de los mismos. Se evaluaron distintas condiciones, tales como la mezcla y manejo del sustrato empleado, metodología de propagación, el uso de enraizante, el uso de soluciones nutritivas, entre otras. Ante ello, se determinaron lecciones aprendidas las cuales fueron implementadas en el ensayo definitivo.

4.3. MÉTODO DE PROPAGACIÓN

El método de propagación asexual a través de brotes basales del rizoma, también conocido como “chusquines”, fue utilizado para el presente estudio, para lo cual se emplearon las etapas descritas en la metodología de Castaño & Moreno (2004) respecto a la *Guadua angustifolia* Kunth, considerando los tiempos utilizados para la implementación de los experimentos (**Figura 5**).



Figura 5: Diagrama de la metodología de investigación empleada para la propagación por chusquines.

4.3.1. BANCO DE PROPAGACIÓN

Se plantaron treinta y tres (33) individuos por cama bajo un distanciamiento aproximado de 0,25 m entre ellos, a los cuales se implementó un hoyado o desnivel circundante con la finalidad de permitir la concentración de humedad para cada individuo y favorecer su desarrollo. En esta etapa, el riego con enraizante se realizó una vez por semana en una solución de 40 ml/20 L de agua, regando con 500 ml de mezcla a cada individuo. De la misma forma, las evaluaciones se realizaron una vez por semana, abarcando labores de contabilización de brotes y mediciones de altura por brote. Para los fines del presente estudio, la etapa de banco de propagación involucra tiempos de tres, cuatro y cinco meses.



Figura 6: Plantación de chusquines en bancos de propagación.

4.3.2. INVERNADERO

Concluido los tiempos establecidos para la presente etapa, se procedió a realizar la remoción de individuos de los bancos y la consecuente segregación de brotes, actividad que se recomienda realizar bajo sombra y cercano a una fuente de agua para evitar la deshidratación de los individuos. Una vez realizada la segregación, los brotes fueron puestos en una solución de enraizante de 40 ml/20 L de agua durante una hora. Cabe resaltar que aquellos brotes menores a siete centímetros de longitud, debido a su pequeño porte y posibilidades mínimas de desarrollarse, fueron devueltos a los bancos de propagación con la finalidad de continuar con su crecimiento; sin embargo, no formaron parte de las evaluaciones u objetivos establecidos para el presente estudio. Posteriormente, cada uno de los brotes fue evaluado, fotografiado, rotulado y puesto en bolsa (un brote por bolsa).



Figura 7: Segregación de individuos.

Una vez puestos en bolsa, y con la finalidad de promover el desarrollo radicular de los brotes, se utilizó un invernadero removible para aumentar la temperatura y mantener la humedad dentro del medio. Para los fines del presente estudio, la etapa de invernadero involucra tiempos de una y dos semanas, así como la omisión de esta etapa.



Figura 8: Trasplante de material vegetativo a bolsa.

En la presente etapa, el riego con enraizante se realizó una vez por semana en una solución de 25 ml/20 L de agua, regando con 250 ml de mezcla a cada bolsa. Respecto a la primera evaluación, se evaluaron la cantidad y longitud de raíces mas no la longitud de los brotes puesto que esta estructura suele secarse luego del proceso de segregación, dando lugar a los nuevos brotes. Luego de ello, las evaluaciones se realizaron una vez por semana, abarcando labores de contabilización de brotes y mediciones de altura por brote.

4.3.3. ERA DE CRECIMIENTO

Una vez concluidos los tiempos establecidos para la etapa anterior, los individuos fueron removidos del invernadero, expuestos al medio inicial bajo el tinglado, y ordenados en grupos en función a los tratamientos a los que pertenecen. De esta forma, la etapa de eras de crecimiento pretende aclimatar a los individuos para la posterior puesta en campo definitivo. En la presente etapa, el riego con enraizante se realizó una vez por semana, siguiendo las mismas características que en la etapa anterior.

Asimismo, finalizada la etapa de era de crecimiento, fue necesario remover a los individuos de su bolsa y, por ende, del pan de tierra, para realizar las mediciones respectivas, tales como la contabilización y medición de la longitud de raíces, así como la cantidad de yemas. Para los fines del presente estudio, la etapa de eras de crecimiento involucra tiempos de dos y tres meses. Por otro lado, la periodicidad del riego dependió de la estación, regando diariamente

durante el verano e interdiario durante el invierno, durante todo el transcurso de los experimentos descritos, de tal forma que contribuya al crecimiento de los individuos, así como la remoción de malezas cada dos semanas.



Figura 9: Etapa de era de crecimiento.

5. PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1. FACTOR EN ESTUDIO

- Factor: Tiempo óptimo, por etapas, para la propagación por chusquines.

5.2. VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas, por etapa, fueron las siguientes:

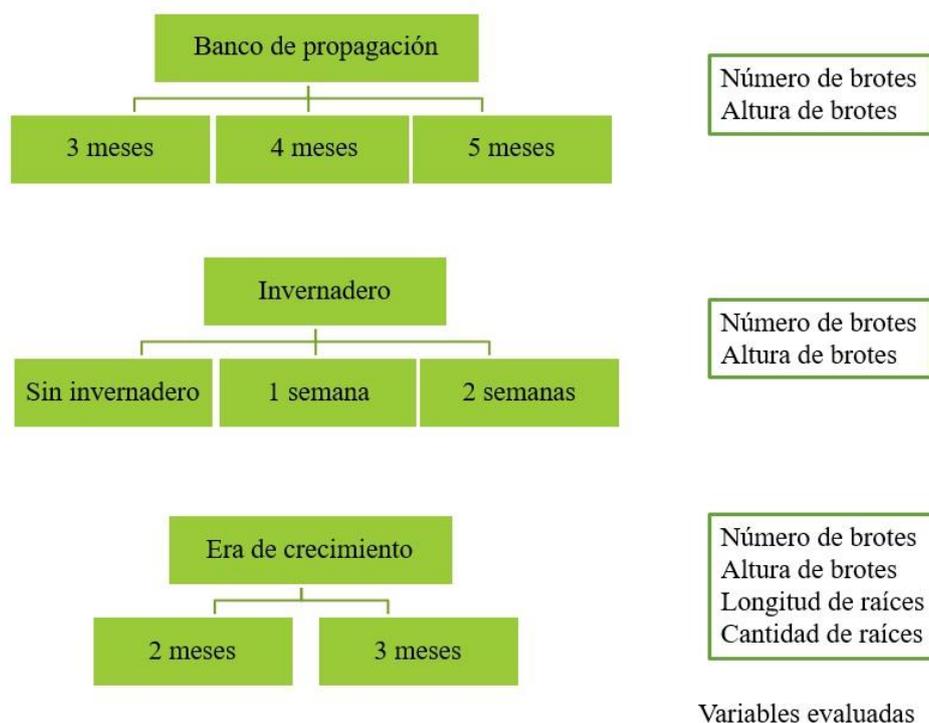


Figura 10: Diagrama explicativo de las variables evaluadas por etapa.

5.3. VARIABLES RESPUESTA

Para la etapa de bancos de propagación, las variables con las que se evaluaron los efectos de los tratamientos fueron:

- **Supervivencia (%):** Determinado por el valor porcentual de individuos vivos respecto al total, realizado al final del periodo de evaluación.
- **Prendimiento (%):** Determinado por el valor porcentual de individuos prendidos respecto al total, realizado al final del periodo de evaluación.
- **Mortandad (%):** Determinado por el valor porcentual de individuos y brotes secos respecto al total, realizado al final del periodo de evaluación.
- **Número de brotes (brotes/individuo):** Determinado por el valor promedio, por semana, referente a la cantidad de brotes por individuo.
- **Incremento medio en número de brotes (brotes/semana, brotes/mes):** Determinado por la diferencia promedio en la cantidad de brotes en una semana determinada respecto al valor de la semana anterior. Se infirió el incremento medio

mensual en base a los resultados semanales, teniendo como referencia al supuesto de que cuatro semanas equivalen a un mes.

$$Inc. medio de brotes = Cant. brotes_{Semana (n+1)} - Cant. brotes_{Semana n}$$

- **Altura de brotes (centímetros):** Determinado por la altura máxima, en centímetros, que presentó cada individuo durante el tiempo de evaluación.
- **Incremento medio en altura de brotes (centímetros/semana, centímetros/mes):** Determinado por la diferencia en la altura máxima en una semana determinada respecto al valor de la semana anterior. Se infirió el incremento medio mensual en base a los resultados semanales, teniendo como referencia al supuesto de que cuatro semanas equivalen a un mes. Se muestran dos tipos de incremento medio: A, referido al incremento medio en altura de aquellos individuos presentes desde el inicio de las evaluaciones, y B, referido al incremento medio en altura de aquellos brotes que surgieron posterior al inicio de las evaluaciones.

$$Inc. medio altura = Altura_{Semana (n+1)} - Altura_{Semana n}$$

- **Cantidad y longitud de raíces (N° raíces/individuo, centímetros):** Determinado por el valor promedio, por tratamiento, referente a la cantidad y longitud de raíces al finalizar la etapa de bancos de propagación, luego de la segregación y previo al inicio de la etapa en bolsa. Se tomó en consideración al promedio de la longitud total de raíces y al promedio de la longitud de raíz principal.

Para la etapa en bolsa, las variables con las que se evaluaron los efectos de los tratamientos fueron las mismas que aquellas evaluadas en la etapa de bancos de propagación, a excepción de las variables referentes a incrementos medios. No se tomaron en consideración, para ambas etapas, a aquellos individuos y brotes que presentaron mortandad.

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Infostat, mientras que las figuras resultantes del análisis cuantitativo se realizaron con el programa RStudio.

5.4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA)

Se realizó un Análisis de Varianza (ANVA) para la etapa de bancos de propagación y bolsas. En la etapa de bancos de propagación se realizó el ANVA al inicio, mitad y final de los tratamientos evaluados, mientras que en la etapa de bolsas se realizó al final de la evaluación.

5.4.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se realizó un análisis de regresión para la etapa de bancos de propagación y bolsas, empleando modelos lineales generales y mixtos de acuerdo al comportamiento de los datos. La bondad de ajuste de la ecuación de regresión de las observaciones experimentales fue verificada por el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado).

5.4.3. ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN

Los experimentos contarán con un número variable de tratamientos y repeticiones:

Experimento 1: Propagación vegetativa de *Guadua aff. angustifolia* en la etapa de banco de propagación.

- Tratamiento 1: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación de tres meses.
- Tratamiento 2: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación de cuatro meses.
- Tratamiento 3: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación de cinco meses.

Experimento 2: Propagación vegetativa de *Guadua aff. angustifolia* por el método de chusquines.**

- Tratamiento 302: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), sin invernadero y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 303: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), sin invernadero y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 312: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (dos meses).

- Tratamiento 313: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 322: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 323: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (tres meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 402: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), sin invernadero y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 403: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), sin invernadero y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 412: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 413: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 422: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 423: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cuatro meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 502: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), sin invernadero y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 503: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), sin invernadero y era de crecimiento (tres meses).
- Tratamiento 512: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 513: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), invernadero (una semana) y era de crecimiento (tres meses).

- Tratamiento 522: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (dos meses).
- Tratamiento 523: Tiempo óptimo de estadía en banco de propagación (cinco meses), invernadero (dos semanas) y era de crecimiento (tres meses).

***Análisis de las etapas de banco de propagación, invernadero y era de crecimiento en conjunto.*

Tabla 4: Descripción de tratamientos.

Banco de propagación	Invernadero	Era de crecimiento	Identificación
3 meses	Sin invernadero	2 meses	302
	1 semana	3 meses	303
		2 meses	312
	2 semanas	3 meses	313
		2 meses	322
	3 meses	323	323
4 meses	Sin invernadero	2 meses	402
	1 semana	3 meses	403
		2 meses	412
	2 semanas	3 meses	413
		2 meses	422
	3 meses	423	423
5 meses	Sin invernadero	2 meses	502
	1 semana	3 meses	503
		2 meses	512
	2 semanas	3 meses	513
		2 meses	522
	3 meses	523	523

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la identificación botánica de la especie en estudio, así como el análisis correspondiente a los experimentos propuestos en la metodología, el cual se realizó a nivel cuantitativo, analizando los indicadores de calidad del material vegetativo identificados según atributos morfológicos (altura y sistema radical), y a nivel estadístico, analizando las medidas de tendencia central tales como la media, desviación estándar, entre otras (estadística descriptiva), así como análisis de varianza y análisis de regresión múltiple (estadística inferencial).

1. IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

ORDEN: Poales

FAMILIA: Poaceae

SUBFAMILIA: Bambusoideae

TRIBU: Bambuseae

SUBTRIBU: Guaduinae

GÉNERO: *Guadua*

ESPECIE: *Guadua* aff. *angustifolia*

La especie fue identificada preliminarmente, por comunicación personal con Londoño (2019), como *Guadua* aff. *angustifolia* por tratarse de una nueva especie nativa para el Perú y el género *Guadua* la cual aún no ha sido descrita (**Anexo 4**). Las muestras colectadas fueron depositadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales (MOL) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con constancia de depósito N° 047-2019-HF-UNALM (**Anexo 5**).

2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUADUA AFF. ANGUSTIFOLIA: ENSAYOS PRELIMINARES

2.1. PRUEBA 1: SETIEMBRE DE 2017

Luego del transporte de más de 24 horas desde San Martín hasta Lima, se procedió a dejar los chusquines *Guadua lynnclarkiae* “Marona” y *Guadua* aff. *angustifolia* “Guayaquil” en agua y bajo sombra en el Vivero Forestal, lo cual fue realizado el sábado 19 de agosto de 2017. Posteriormente, el día 7 de setiembre se realizó el traslado de sustrato, se procedió a preparar la cama de propagación a fumigar, se segregaron los chusquines y se procedió a plantar los brotes el día lunes 11 de setiembre, bajo una mezcla de suelo agrícola, humus y arena en proporción 4:3:3. La plantación se realizó bajo un distanciamiento de 0,20 m y se implementó un riego diario. Hacia la última semana de setiembre, los chusquines presentaban un aspecto seco y decaído probablemente por un exceso de fungicida o por el cambio de clima desde su lugar de origen.

Lecciones aprendidas:

- **Mayor número de brotes por bolsa.** Se debieron dejar de dos (02) a tres (03) brotes por cada individuo sembrado para garantizar la supervivencia de estos, contrario a lo realizado ya que solo se dejó un (01) brote por individuo.
- **Cernido de la mezcla del sustrato.** Resultó ser pedregoso debido a la falta de cernido previo a la siembra, además de presentar un color pálido atribuido probablemente por un exceso de arena, para lo cual se debe incluir mayor cantidad de tierra de chacra o compost a la mezcla.
- **Nivelación de las camas.** El desnivel formado en la cama ocasionó un estrés hídrico en los individuos encontrados en dicha zona, a lo que se suma que estos se encontraban aún muy pequeños y delgados, por lo que no resistieron.

2.2. PRUEBA 2: DICIEMBRE DE 2017

El sábado 12 de diciembre de 2017, luego del transporte de más de 24 horas desde San Martín hasta Lima, se procedió a dejar los chusquines *Guadua* aff. *angustifolia* “Guayaquil” en agua y bajo sombra en el Vivero Forestal; dos días después se procedió a preparar la cama de propagación con sustrato previamente tamizado, nivelado y fumigado. Posteriormente, se segregaron los chusquines, realizando esta actividad en presencia de agua para evitar la deshidratación del material, para finalmente proceder a plantar los brotes el día miércoles 20 de diciembre, bajo una mezcla de suelo agrícola, compost y arena en proporción 3:2:1 e implementados de dos a tres brotes por punto de propagación. La plantación se realizó bajo un distanciamiento de 0,20 m y se implementó un riego diario; sin embargo, se observaron altos índices de deshidratación a los pocos días. Pese a que se implementó el uso de invernadero y solución nutritiva A y B, no se evidenciaron resultados favorables.

Lecciones aprendidas:

- **Uso de enraizante.** En base a esta experiencia, se propone la necesidad de aplicar enraizante para estimular la producción de brotes en el sistema rizomático y garantizar la supervivencia de los individuos.
- **Evitar la segregación bajo altas temperaturas.** Dada las características propias de la estación de verano y la exposición a altos niveles de estrés, se propone realizar la segregación en condiciones de menor temperatura.
- **Alargar el periodo de acondicionamiento.** Con el uso de bibliografía y las experiencias planteadas, se propone acondicionar el material vegetativo entre tres a cuatro semanas previo a la plantación en camas de propagación.

3. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUADUA AFF. ANGUSTIFOLIA EN LA ETAPA DE BANCO DE PROPAGACIÓN

3.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Tabla 5: Análisis cuantitativo de la propagación vegetativa de *Guadua* aff. *angustifolia* en la etapa de banco de propagación.

	3 MESES	4 MESES	5 MESES
Cantidad de chusquines segregados	31	33	30
Prendimiento (%)	100	100	100
Supervivencia (%)	94	100	91
Cantidad de brotes viables	227	305	420
Cantidad de brotes < 7 cm	54	63	67
Cantidad de brotes totales	281	368	487
Cantidad de brotes evaluados	343	463	603
Eficiencia de la segregación (%)	81,92	79,48	80,76

En la **Tabla 5** se presentan los resultados generales correspondientes a la etapa de banco de propagación. Se observa un porcentaje de supervivencia alto de 94%, 100% y 91% para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados por Macias Tachong (2005) en su estudio de fertilización de la especie *Guadua angustifolia* Kunth en campo definitivo (distanciamiento 5 m x 5 m) al no reportar mortandad entre sus tratamientos, los cuales correspondieron a periodos de evaluación entre cuatro a ocho meses; sin embargo, son mayores a los reportados por Forero, Cabrera y Delgado (2005) en Colombia para la misma especie, reportando un porcentaje de supervivencia de 87% a los tres meses de la siembra.

Del párrafo anterior, se infiere una mortandad de individuos de 6% y 9% para los tiempos de tres y cinco meses respectivamente, resultando en una mortandad nula para el tiempo evaluado de cuatro meses. Adicionalmente, se obtuvo resultados de mortandad de brotes de 46, 43 y 39 brotes secos de un total de 389, 506 y 642 brotes, lo cual se traduce en porcentajes de mortandad de brotes de 11,83%, 8,50% y 6,07% para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente.

Respecto al porcentaje de prendimiento, el presente estudio reportó valores del 100% para todos los tiempos evaluados, contrario a lo encontrado por Núñez, Calvache y Briones (2006) en su estudio de fertilización química a base de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en *Guadua angustifolia* Kunth en fase de vivero, quienes reportaron valores entre 86,67% (7,80 gN/m²; 13,00 gP/m²; 4,90 gK/m²) y 98,33% (4,20 gN/m²; 7,00 gP/m²; 9,10 gK/m²), resaltando que en el presente estudio no se realizaron fertilizaciones durante los tiempos de evaluación.

Por otro lado, se observa una diferencia notable entre la cantidad de brotes viables por tiempos al realizar la segregación, mientras que la cantidad de brotes menores a siete centímetros presenta un comportamiento ascendente pero poco diferenciable entre tiempos, denotando una posible estabilidad en el desarrollo de los individuos al generar cada vez menos brotes.

De esta forma, se obtuvo una cantidad total de 281, 368 y 487 brotes, a diferencia de la cantidad esperada de 343, 463 y 603 brotes, lo cual corresponde a la cantidad de brotes evaluados durante la estadía de tres, cuatro y cinco meses respectivamente en bancos de propagación, resultando en una eficiencia en la segregación aproximada de 80% para todos los casos, el cual es una muestra cuantitativa de la habilidad en la segregación y un alto aprovechamiento del material vegetativo disponible.

3.1.1. NÚMERO DE BROTES

Tabla 6: Análisis descriptivo del número de brotes, por semana, en la etapa de banco de propagación. Los valores de número promedio de brotes son expresados como promedio \pm desviación estándar.

Semana	Valor máximo			Valor promedio			Valor mínimo		
	3M	4M	5M	3M	4M	5M	3M	4M	5M
0	11	15	12	6,16 \pm 2,58	6,12 \pm 3,52	5,63 \pm 2,48	1	1	1
1	12	15	12	6,32 \pm 2,63	6,21 \pm 3,47	5,80 \pm 2,50	2	2	1
2	13	17	11	6,58 \pm 2,59	6,27 \pm 3,65	6,03 \pm 2,37	2	2	2
3	14	18	10	6,55 \pm 2,62	6,24 \pm 3,78	6,07 \pm 2,15	2	2	2
4	14	17	10	6,52 \pm 2,64	6,21 \pm 3,68	6,37 \pm 2,13	2	1	2
5	14	17	11	7,10 \pm 2,75	6,39 \pm 3,69	6,60 \pm 2,31	2	2	1
6	18	17	11	7,81 \pm 3,44	6,91 \pm 4,03	6,90 \pm 2,38	2	1	1
7	18	19	13	8,29 \pm 3,66	7,61 \pm 4,20	7,70 \pm 2,85	3	1	3
8	18	20	15	8,84 \pm 4,24	8,12 \pm 4,26	8,70 \pm 3,52	3	2	3
9	20	20	16	9,39 \pm 4,59	8,64 \pm 4,52	9,37 \pm 3,85	3	2	3
10	22	23	18	10,06 \pm 5,03	9,21 \pm 5,00	9,90 \pm 4,05	3	2	3
11	23	23	20	10,39 \pm 5,00	9,61 \pm 5,31	10,60 \pm 4,34	3	2	4
12	23	23	20	11,06 \pm 5,21	10,33 \pm 5,66	11,23 \pm 4,57	3	2	4
13		23	22		11,00 \pm 5,64	12,00 \pm 4,86		2	4
14		23	23		11,36 \pm 5,53	12,87 \pm 4,92		2	5
15		30	26		12,64 \pm 6,03	14,07 \pm 5,60		3	7
16		31	27		14,03 \pm 6,36	15,87 \pm 6,21		3	6
17			30			16,90 \pm 6,46			6
18			32			18,20 \pm 6,72			6
19			37			18,83 \pm 7,52			5
20			37			20,10 \pm 7,77			5

En la **Tabla 6** se muestra el análisis descriptivo respecto a la cantidad máxima, promedio y mínima de brotes por individuo, así como la desviación estándar. Al inicio de la evaluación, se observa que la cantidad promedio de brotes por individuo no presenta grandes diferencias entre los tiempos en estudio, manteniéndose en un rango de 5,6 a 6,2 brotes/individuo. Por otro lado, se encuentra que la cantidad máxima es de 11, 15 y 12 brotes/individuo para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, mientras que la cantidad mínima es de 1 brote/individuo para todos los tiempos.

Hacia el final de la evaluación, para cada uno de los tiempos, se observan diferencias en todos los parámetros. La cantidad promedio resulta en 11, 14 y 20 brotes/individuo, la cantidad máxima resulta en 23, 31 y 37 brotes/individuo, mientras que la cantidad mínima resulta en 3, 3 y 5 brotes/individuo para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, poniendo en evidencia que no todas las matas se desarrollan de igual manera. Cabe resaltar que la desviación estándar se mantiene en aumento hacia la última semana de estudio.

El promedio de brotes por individuo para el tiempo de tres meses corresponde a 11 brotes, valor que también es reportado por Castaño & Moreno (2004) para la especie *Guadua angustifolia* Kunth al mencionar que luego de tres o cuatro meses habrán brotado entre 5 y 12 nuevas plántulas, siendo este último valor cercano al reportado para cuatro meses en la presente evaluación; sin embargo, resalta el aumento considerable de brotes para los cinco meses, siendo casi el doble a comparación del resultado del menor tiempo.

Cruz Rios (1995), sobre la propagación de *Guadua angustifolia* Kunth por el método de chusquines, menciona que después de tres meses cada chusquín produjo de 8 a 10 hijuelos, valor ligeramente inferior a lo reportado en el presente estudio para dicho tiempo; mientras que Núñez, Calvache y Briones (2006), en su estudio de fertilización química a base de Nitrógeno, Fósforo y Potasio para la misma especie en fase de vivero, reportó valores de número de brotes entre 5,91 brotes/individuo (4,20 gN/m²; 7,00 gP/m²; 9,10 gK/m²) y 10,28 brotes/individuo (6,00 gN/m²; 13,00 gP/m²; 4,90 gK/m²), con un promedio general de 7,78 brotes/individuo. Asimismo, Sánchez Monsalvo *et al.* (2016), en su estudio sobre el potencial crecimiento de la *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn. en vivero, obtuvieron un número de brotes de 1,63 brotes/individuo a los 49 días de trasplantadas en vivero.

En la **Figura 11** se observa lo mencionado líneas arriba, iniciando con un valor promedio de seis brotes/individuo para todos los tiempos establecidos. Estas cantidades no sufren mayores variaciones hasta la semana cinco de evaluación, correspondiente al inicio de la primavera y su consecuente aumento de temperaturas, donde la cantidad de hijuelos aumenta abruptamente. De esta forma, cada uno de los tiempos establecidos finalizó con distintos valores: para el tiempo de tres meses se concluyó con una cantidad de 11 brotes/individuo, aumentando en un 80% a comparación del valor inicial; para el tiempo de cuatro meses se concluyó con una cantidad de 14 brotes/individuo, aumentando en un 129% a comparación del valor inicial y para el tiempo de cinco meses se concluyó con una cantidad de 20 brotes/individuo, aumentando en un 257% a comparación del valor inicial.

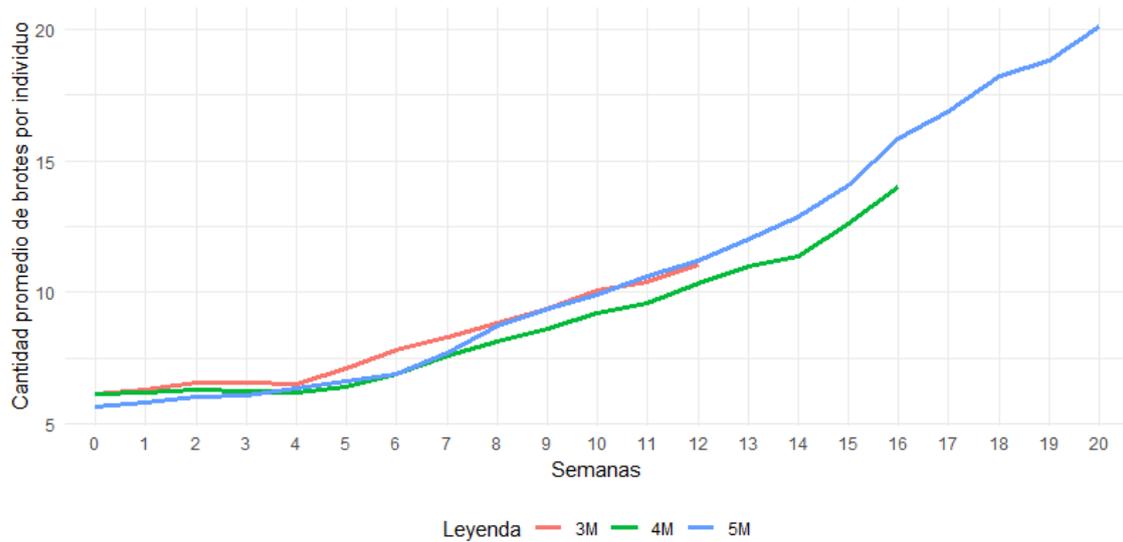


Figura 11: Cantidad promedio de brotes por individuo en la etapa de banco de propagación.

En la **Figura 12** se muestra la cantidad de individuos distribuidos en rangos en función a número de brotes por individuo en la semana inicial. Se observa que para los tiempos de tres y cinco meses los individuos se aglomeran en los dos primeros rangos con diferencias mínimas entre ellas: para el tiempo de tres meses se encuentran valores de 14, 15 y 2 individuos en el primer, segundo y tercer rango respectivamente, mientras que para el tiempo de cinco meses se encuentran valores de 15, 14 y 1 individuos. Por otro lado, para el tiempo de cuatro meses, se encuentran valores de 19, 9 y 5 individuos, resaltando una mayor presencia de individuos en el rango de 1 a 5 brotes/individuo respecto a los otros tiempos de evaluación.

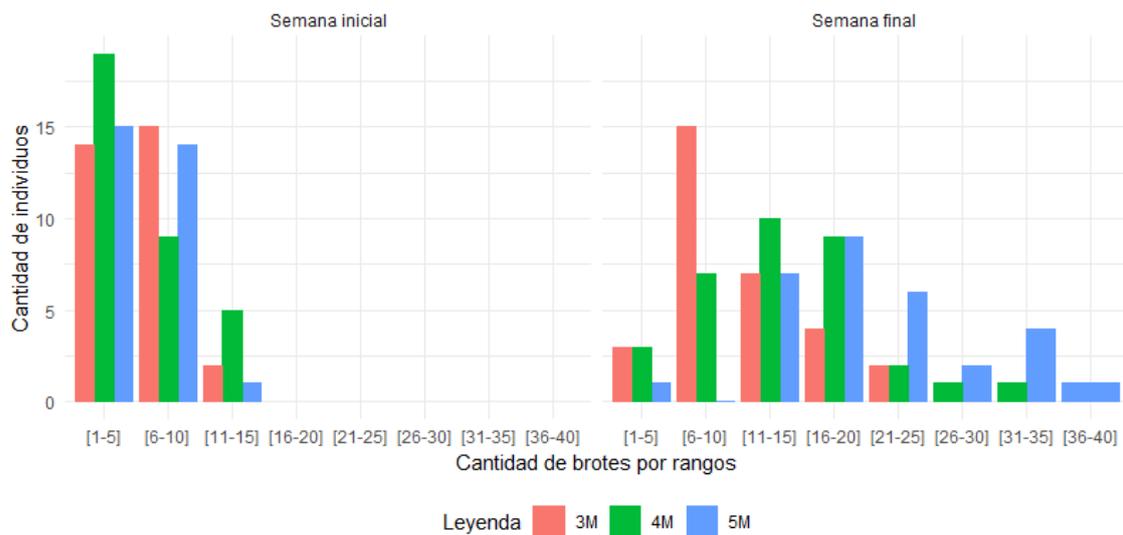


Figura 12: Histograma de distribución de frecuencia para la cantidad de brotes por individuo, para la semana inicial y final, en la etapa de banco de propagación.

Asimismo, se muestra la cantidad de individuos distribuidos en rangos en función a número de brotes por individuo en la semana final. Se observa que para el tiempo de tres meses los individuos se aglomeran en el rango de 6 a 10 brotes/individuo con 15 individuos, para el tiempo de cuatro meses los individuos se aglomeran en el rango de 11 a 15 brotes/individuo con 10 individuos y para el tiempo de cinco meses los individuos se aglomeran en el rango de 16 a 20 brotes/individuo con 9 individuos.

3.1.2. INCREMENTO MEDIO EN NÚMERO DE BROTES

Tabla 7: Análisis descriptivo de la producción de brotes en la etapa de banco de propagación.

Semana	Valor máximo			Valor promedio			Valor mínimo		
	3M	4M	5M	3M	4M	5M	3M	4M	5M
1	1	2	1	0,16	0,09	0,17	-1	-1	0
2	2	2	1	0,26	0,06	0,23	-1	-2	-1
3	2	2	2	-0,03	-0,03	0,03	-2	-1	-1
4	2	3	4	-0,03	-0,03	0,30	-2	-1	-3
5	4	1	2	0,58	0,18	0,23	-2	-1	-1
6	4	4	2	0,71	0,52	0,30	-2	-1	0
7	2	3	4	0,48	0,70	0,80	-1	-1	0
8	4	2	4	0,55	0,52	1,00	-1	-1	0
9	2	3	3	0,55	0,52	0,67	-1	-1	-1
10	3	3	3	0,68	0,58	0,53	-1	-1	-1
11	2	3	2	0,32	0,39	0,70	-2	-1	0
12	3	4	2	0,68	0,73	0,63	0	0	0
13		3	3		0,67	0,77		0	-1
14		2	3		0,36	0,87		-2	-1
15		7	4		1,27	1,20		0	0
16		4	5		1,39	1,80		0	-1
17			5			1,03			-1
18			4			1,30			-1
19			6			0,63			-1
20			3			1,27			0
Brotos/semana	1,17	1,00	1,35	0,41	0,49	0,72	-0,17	-0,13	0,00
Brotos/mes	4,67	4,00	5,40	1,63	1,98	2,89	-0,67	-0,50	0,00

En la **Tabla 7** se presenta la producción de brotes, por semana, respecto a la semana anterior. Se observa que, a medida que se desarrolla el estudio, la producción promedio de brotes por semana se incrementa; sin embargo, cabe resaltar la presencia de valores negativos correspondientes a la mortandad encontrada en los mismos, teniendo semanas en las que la cantidad de brotes disminuye. Una vez concluido los experimentos, se pudo obtener valores promedio de 0,41, 0,49 y 0,72 brotes/semana, así como 1,63, 1,98 y 2,89 brotes/mes, correspondientes a los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, resaltando el incremento en la producción, tanto a nivel semanal como mensual, en el último periodo de estudio.

3.1.3. ALTURA DE BROTES

En la **Tabla 8** se muestra el análisis descriptivo de la altura máxima de brotes en la etapa de banco de propagación. En la presente sección se mencionará y discutirá, adicionalmente, a la variable altura promedio puesto que ha sido ampliamente difundida para la evaluación del crecimiento del bambú; sin embargo, no se recomienda el uso de esta variable ya que se ve fuertemente influenciada por los valores provistos por los nuevos brotes (amplia cantidad con bajos valores) y la ausencia repentina de valores por mortandad de los mismos, teniendo en consideración que la especie en estudio se caracteriza por una gran producción de brotes.

Las medias de la altura máxima de los individuos oscilan entre 14,38 y 15,71 centímetros al inicio de la evaluación; sin embargo, hacia el final se reportaron alturas de 20,29, 20,87 y 19,57 centímetros para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, lo cual se observa en la **Figura 13**. Esto difiere enormemente con lo reportado por Macias Tachong (2005), en su estudio de fertilización de la especie *Guadua angustifolia* Kunth en campo definitivo (distanciamiento 5 x 5 m), quien reporta valores entre 34,6 a 38 centímetros y 55 a 60,60 centímetros de altura máxima (altura de planta) para los tiempos evaluados de cuatro y cinco meses, mostrando un aumento significativo a partir del sexto mes para esta variable y sin mostrar diferencia estadísticamente significativa entre sus tratamientos; sin embargo, debe considerarse los valores de altura máxima al inicio del experimento para un mejor entendimiento de la evolución del crecimiento.

Tabla 8: Análisis descriptivo de la altura máxima de brotes en la etapa de banco de propagación.
Los valores promedio de altura máxima son expresados como promedio \pm desviación estándar.

Semana	Valor máximo			Valor promedio			Valor mínimo		
	3M	4M	5M	3M	4M	5M	3M	4M	5M
0	30,5	30	30,5	15,71 \pm 6,21	14,95 \pm 5,01	14,38 \pm 5,06	7,5	9,5	5,5
1	30,5	31	31	16,10 \pm 6,23	15,52 \pm 5,18	14,85 \pm 5,03	8	10	6
2	31	31,5	31,5	16,76 \pm 6,01	16,14 \pm 5,16	15,45 \pm 5,06	9	10	7
3	31,5	31,5	25,5	16,97 \pm 6,04	16,70 \pm 5,07	15,38 \pm 3,90	9,5	10	7
4	32,5	32	25,5	17,48 \pm 6,03	17,30 \pm 5,10	15,29 \pm 3,75	10	10,5	7,5
5	33,5	32	25,5	17,87 \pm 6,15	17,83 \pm 4,97	15,68 \pm 3,87	10,5	11,5	8
6	34,5	33	25,5	18,40 \pm 6,19	17,92 \pm 4,84	16,36 \pm 3,74	10,5	11,5	8,5
7	34,5	33,5	25,5	18,81 \pm 6,14	18,40 \pm 5,01	16,80 \pm 3,76	11	12	9
8	34,5	34	25,5	18,98 \pm 6,12	18,65 \pm 5,05	17,08 \pm 3,88	11	12	9
9	36,5	34,5	25,5	19,40 \pm 6,29	18,98 \pm 5,32	17,44 \pm 3,81	11	12	9
10	36,5	35	25,5	19,61 \pm 6,48	19,20 \pm 5,36	17,74 \pm 3,74	11	12,5	10,5
11	37	36,5	25,5	20,02 \pm 6,63	19,63 \pm 5,61	17,92 \pm 3,69	11	12,5	10,5
12	37	36,5	25,5	20,29 \pm 6,54	19,94 \pm 5,66	18,22 \pm 3,66	11	12,5	11
13		36,5	25,5		20,21 \pm 5,57	18,40 \pm 3,66		12,5	11
14		36,5	25,5		20,59 \pm 5,56	18,85 \pm 3,51		13	11
15		36,5	25,5		20,72 \pm 5,57	19,00 \pm 3,45		13	11
16		37	25,5		20,87 \pm 5,57	19,08 \pm 3,52		13,5	11
17			25,5			19,11 \pm 3,34			11,5
18			26			19,34 \pm 3,40			11,5
19			26			19,45 \pm 3,39			11,5
20			26			19,57 \pm 3,42			11,5

Por otro lado, las medias de la altura promedio de los individuos oscilan entre 9,38 y 10,15 centímetros al inicio de la evaluación; sin embargo, hacia el final se reportaron alturas de 10,21, 9,61 y 9,24 para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente. Se observa una estabilidad e incluso disminución en los valores de altura promedio debido a que, como se mencionó líneas arriba, esta variable se ve influenciada por el aumento cada vez mayor de brotes a medida que transcurren las semanas.

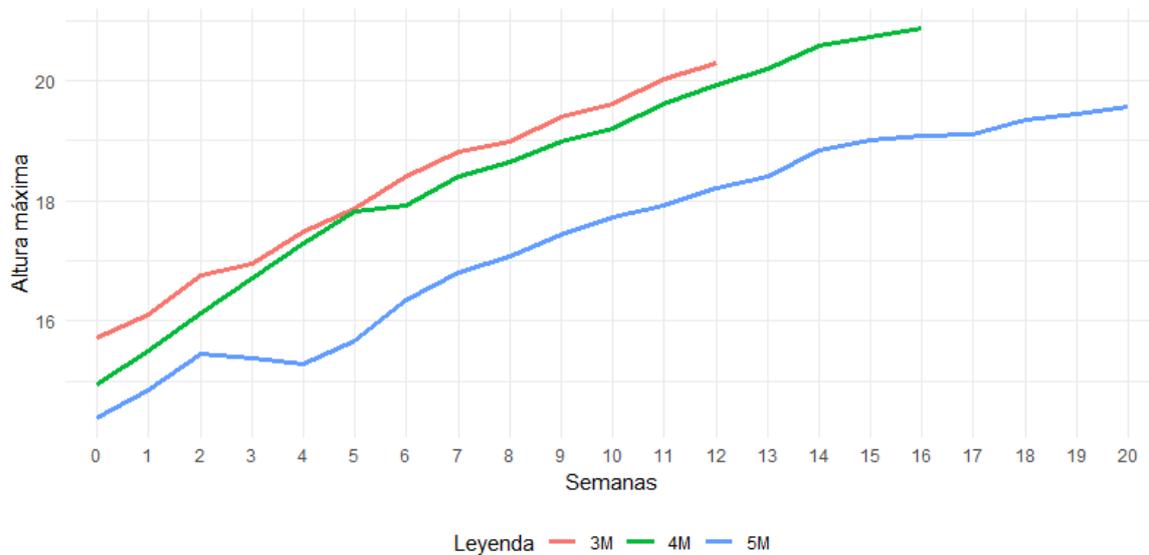


Figura 13: Promedio de la altura máxima de brotes en la etapa de banco de propagación.

Forero, Cabrera y Delgado (2005), en la evaluación de adaptabilidad de *Guadua angustifolia* Kunth en veredas, reportaron valores de 14,73 y 15,84 centímetros de altura promedio para tiempos de evaluación de dos y tres meses respectivamente. De la misma forma, Giraldo y Sabogal (1999), citados por Forero, Cabrera y Delgado (2005), reportan valores iniciales de altura promedio de 12 centímetros, así como 17,5, 24,5 y 28,5 centímetros para los tiempos de uno, dos y tres meses, valores que sobrepasan e incluso duplican a lo encontrado en los experimentos realizados.

Asimismo, Macias Tachong (2005), en su estudio de fertilización de la especie *Guadua angustifolia* Kunth en campo definitivo (distanciamiento 5 x 5 m), reportó valores entre 13,6 a 16 centímetros y 23,33 a 37 centímetros de altura promedio de brotes para los tiempos evaluados de cuatro y cinco meses; mientras que Núñez, Calvache y Briones (2006), en su estudio de fertilización química a base de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en *Guadua angustifolia* Kunth en fase de vivero, reportaron valores de altura promedio entre 6,82 y 9,48 centímetros a los 30 días (promedio general de 7,65 centímetros), entre 10,60 y 14,40 centímetros a los 60 días (promedio general de 12,48 centímetros) y entre 14,06 y 20,40 centímetros a los 90 días (promedio general de 16,65 centímetros), siendo los máximos valores, para todos los tiempos evaluados, correspondientes al tratamiento caracterizado por 7,80 gN/m², 13,00 gP/m² y 9,10 gK/m², observándose un incremento en altura aproximado de 4,5 centímetros al mes.

Por último, Sánchez Monsalvo *et al.* (2016), en su estudio sobre el potencial crecimiento de la *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn. en vivero, obtuvieron un valor de altura promedio de

19,185 centímetros a los 49 días de trasplantados en vivero, con una altura inicial de 1,72 centímetros a los 20 días; mientras que Ruiz Rodríguez (2013), en su estudio de aprovechamiento de diferentes tipos de agua con la especie *Guadua angustifolia* Kunth, obtuvo incrementos longitudinales 43%, 26% y 31%, considerando una altura inicial promedio de 18,33 centímetros, 19,5 centímetros y 24,83 centímetros, para las parcelas A, B y C respectivamente.

Cabe resaltar que, de manera empírica, se observa una predisposición a la producción de brotes en lugar del crecimiento en altura por parte de la especie en estudio, buscando un posible establecimiento del individuo previo al crecimiento.

3.1.4. INCREMENTO MEDIO EN ALTURA DE BROTES

A continuación, se presenta el incremento medio en altura, por semana, para los brotes correspondientes a la etapa de banco de propagación. Se muestran dos tipos de incremento medio: A, referido al incremento medio en altura de aquellos individuos presentes desde el inicio de las evaluaciones, y B, referido al incremento medio en altura de aquellos brotes que surgieron posterior al inicio de las evaluaciones. Se realiza esta distinción debido a la diferencia entre dichas tasas de crecimiento, la cual será discutida en la presente sección.

En la **Tabla 9** se observa un incremento medio semanal de 0,45, 0,42 y 0,38 centímetros/semana para el tipo de crecimiento A, mientras que para el tipo de crecimiento B se observa un incremento medio semanal de 0,92, 0,76 y 0,60 centímetros/semana. De ello, se infiere un incremento medio mensual de 1,8, 1,68 y 1,52 centímetros/mes para el tipo de crecimiento A, mientras que para el tipo de crecimiento B se observa un incremento medio mensual de 3,68, 3,04 y 2,40 centímetros/mes, considerando a cada mes como un conjunto de cuatro semanas. Asimismo, se observa que el incremento medio presenta una tendencia a disminuir con el transcurso de las semanas.

Tabla 9: Incremento medio semanal, en altura, de brotes en la etapa de banco de propagación. Los valores son expresados como promedio \pm desviación estándar.

Semana	Incremento Medio Semanal - A			Incremento Medio Semanal - B		
	3M	4M	5M	3M	4M	5M
1	0,56 \pm 0,53	0,50 \pm 0,53	0,60 \pm 0,72			
2	0,79 \pm 0,56	0,78 \pm 0,64	0,88 \pm 0,59	1,40 \pm 0,85	1,69 \pm 1,06	1,51 \pm 0,87
3	0,47 \pm 0,44	0,62 \pm 0,51	0,54 \pm 0,44	1,65 \pm 0,74	1,79 \pm 0,82	1,64 \pm 0,77
4	0,58 \pm 0,46	0,48 \pm 0,50	0,50 \pm 0,47	1,31 \pm 0,67	1,26 \pm 0,69	1,21 \pm 0,69
5	0,40 \pm 0,43	0,54 \pm 0,47	0,44 \pm 0,42	1,06 \pm 0,63	1,06 \pm 0,70	0,89 \pm 0,61
6	0,50 \pm 0,46	0,48 \pm 0,41	0,63 \pm 0,45	1,07 \pm 0,57	0,87 \pm 0,62	0,82 \pm 0,54
7	0,44 \pm 0,41	0,55 \pm 0,49	0,44 \pm 0,45	0,78 \pm 0,51	0,72 \pm 0,58	0,66 \pm 0,52
8	0,33 \pm 0,40	0,40 \pm 0,43	0,35 \pm 0,41	0,71 \pm 0,46	0,67 \pm 0,59	0,64 \pm 0,47
9	0,41 \pm 0,44	0,45 \pm 0,42	0,39 \pm 0,36	0,75 \pm 0,53	0,54 \pm 0,45	0,51 \pm 0,41
10	0,33 \pm 0,39	0,31 \pm 0,44	0,33 \pm 0,36	0,52 \pm 0,46	0,49 \pm 0,45	0,41 \pm 0,40
11	0,26 \pm 0,34	0,26 \pm 0,35	0,25 \pm 0,33	0,42 \pm 0,49	0,48 \pm 0,44	0,48 \pm 0,44
12	0,33 \pm 0,35	0,31 \pm 0,33	0,34 \pm 0,38	0,46 \pm 0,40	0,43 \pm 0,45	0,34 \pm 0,31
13		0,31 \pm 0,37	0,29 \pm 0,35		0,33 \pm 0,39	0,40 \pm 0,33
14		0,16 \pm 0,26	0,18 \pm 0,29		0,24 \pm 0,31	0,28 \pm 0,30
15		0,20 \pm 0,30	0,20 \pm 0,25		0,25 \pm 0,42	0,30 \pm 0,32
16		0,31 \pm 0,38	0,15 \pm 0,26		0,57 \pm 0,89	0,36 \pm 0,36
17			0,33 \pm 0,34			0,25 \pm 0,32
18			0,30 \pm 0,32			0,29 \pm 0,28
19			0,17 \pm 0,29			0,10 \pm 0,21
20			0,21 \pm 0,26			0,22 \pm 0,36
Tasa Crec./Semana	0,45	0,42	0,38	0,92	0,76	0,60

Los resultados obtenidos en el presente estudio no difieren en gran medida de lo encontrado por Forero, Cabrera y Delgado (2005) en Colombia para la especie *G. angustifolia*, reportando valores de 2,64 centímetros/mes (La Caldera – Pasto) y 4,75 centímetros/mes (Córdoba – Quindío) para un tiempo de tres meses.

3.1.5. CANTIDAD Y LONGITUD DE RAÍCES

Tabla 10: Análisis descriptivo de la cantidad y longitud de raíces de brotes al finalizar la etapa de banco de propagación.

Tratamiento	N° individuos	Est. Desc.	N° raíces/individuo	Longitud de raíces	Promedio de la longitud de raíz principal
3 Meses	227	Máximo	18	12	8,73
		Promedio	5	6,04	
		Mínimo	1	0,5	
4 Meses	305	Máximo	10	11	7,85
		Promedio	4	6,09	
		Mínimo	0	0,5	
5 Meses	420	Máximo	14	13	7,92
		Promedio	5	5,74	
		Mínimo	0	0,5	

En la **Tabla 10** se muestra el análisis descriptivo de la cantidad y longitud de raíces de hijuelos al finalizar la etapa de banco de propagación. La cantidad promedio de raíces por individuo oscila entre 4 a 5 para todos los tratamientos, el promedio de la longitud de raíces oscila entre 5,74 a 6,09 centímetros y el promedio de la longitud de raíz principal se encuentra entre 7,85 a 8,73 centímetros. No se observan diferencias significativas entre los tiempos evaluados para las variables presentadas.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación, se presentan los resultados del análisis de varianza correspondientes a la variable altura y covariable brote para la semana inicial, intermedia y final de la evaluación por tratamientos, así como el modelo de regresión, para la etapa de bancos de propagación.

3.2.1. ANÁLISIS DE VARIANZA – SEMANA INICIAL

Modelo lineal general

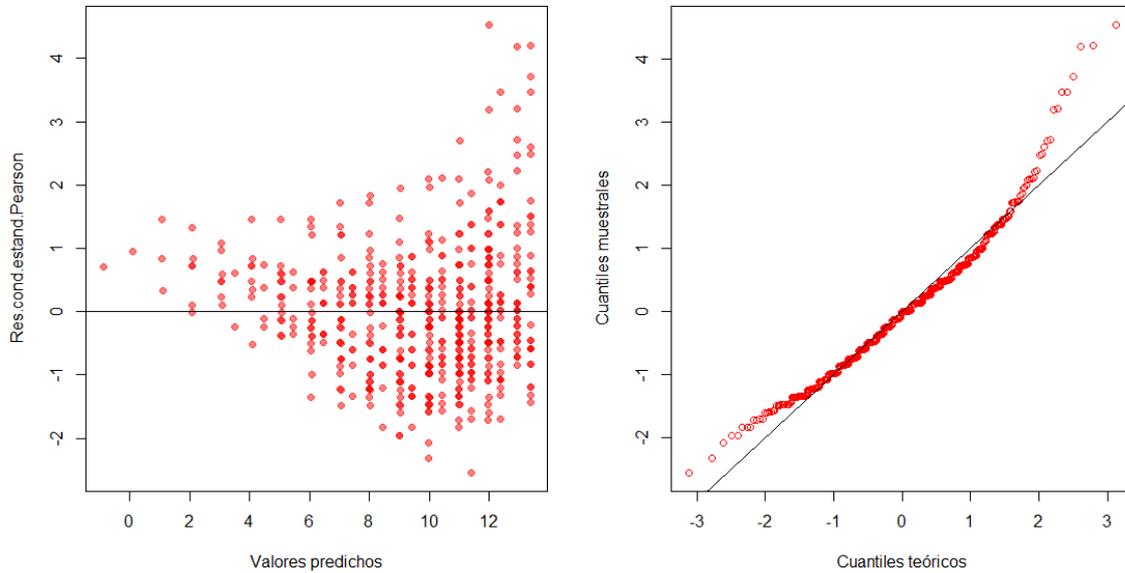


Figura 14: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal general para la semana inicial en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 14** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 11: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
562	3186.99	3208.62	-1588.50	4.08	0.31

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Modelo lineal mixto

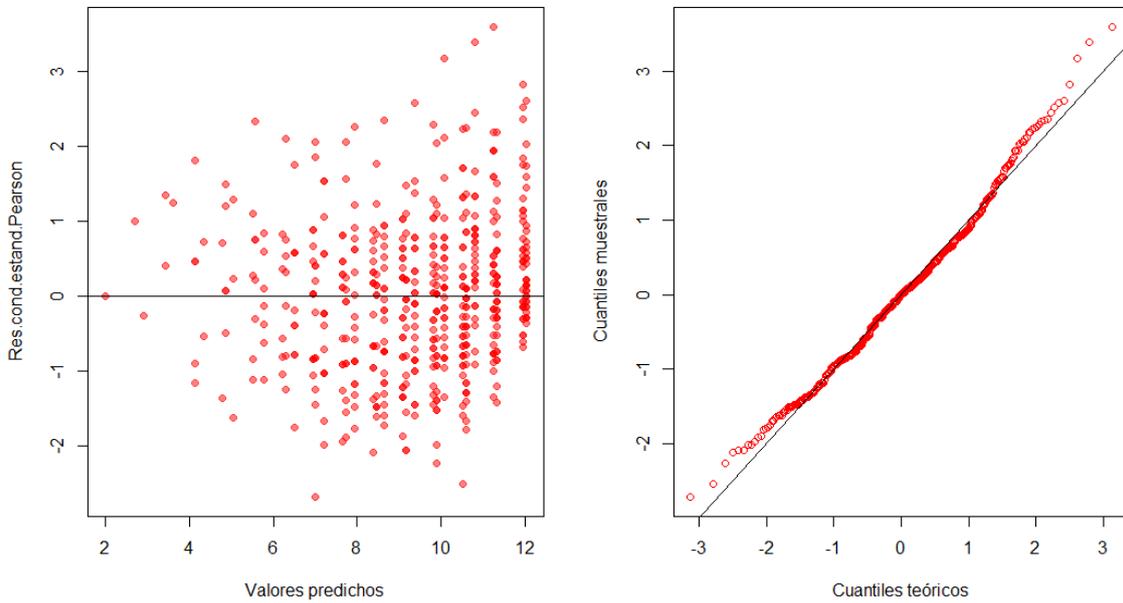


Figura 15: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal mixto para la semana inicial en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 15** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 12: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
562	3127.47	3218.29	-1542.74	6.55	0.31

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Tabla 13: Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2510.72	<0.0001
Tratamiento	2	7.79	0.0005
Brote	1	837.31	<0.0001

En la **Tabla 13** se observa que al menos un tratamiento difiere de los demás, resaltando a su vez la significancia de la covariable “Brote”.

Tabla 14: Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	9.74	0.27	A
1	9.67	0.26	A
3	8.51	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

En la **Tabla 14** se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 2 y 1, correspondientes a tiempos de evaluación de 4 y 3 meses respectivamente, pero dichos tratamientos sí difieren y superan al tratamiento 3, correspondiente a un tiempo de evaluación de 5 meses en la etapa de bancos de propagación. Por ello, los mayores valores respecto a las medias corresponden a los tratamientos 1 y 2 para la semana inicial de evaluación, lo cual se muestra adicionalmente en la **Figura 16**.

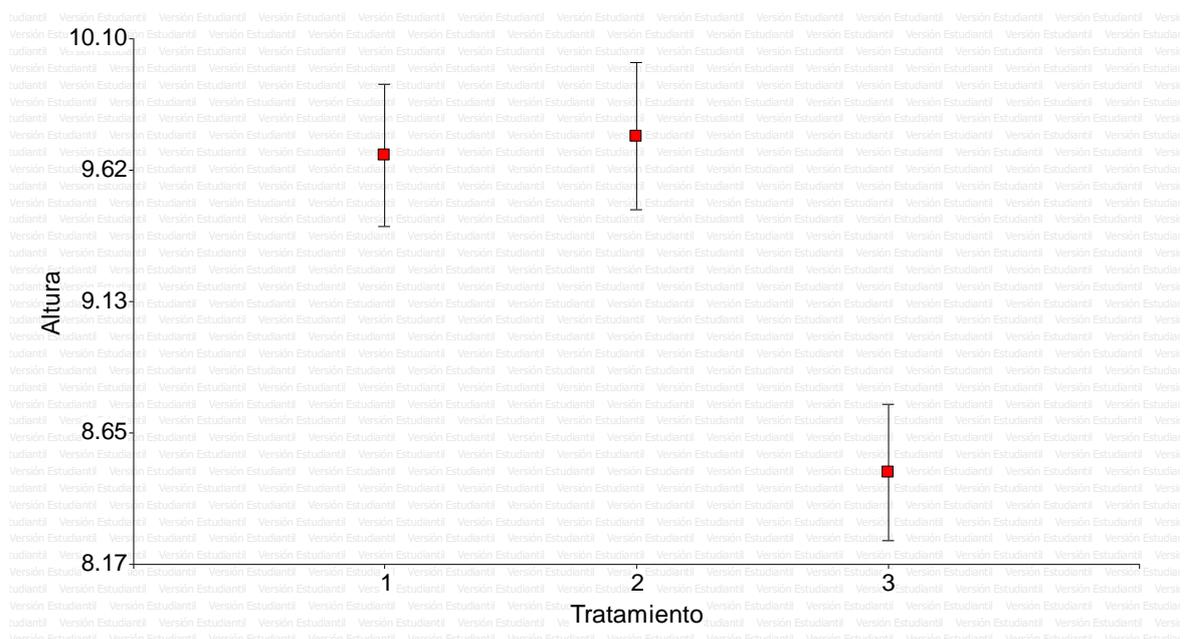


Figura 16: Valor promedio de la variable altura por tratamiento, para la semana inicial, en la etapa de bancos de propagación.

3.2.2. ANÁLISIS DE VARIANZA – SEMANA INTERMEDIA

Modelo lineal general

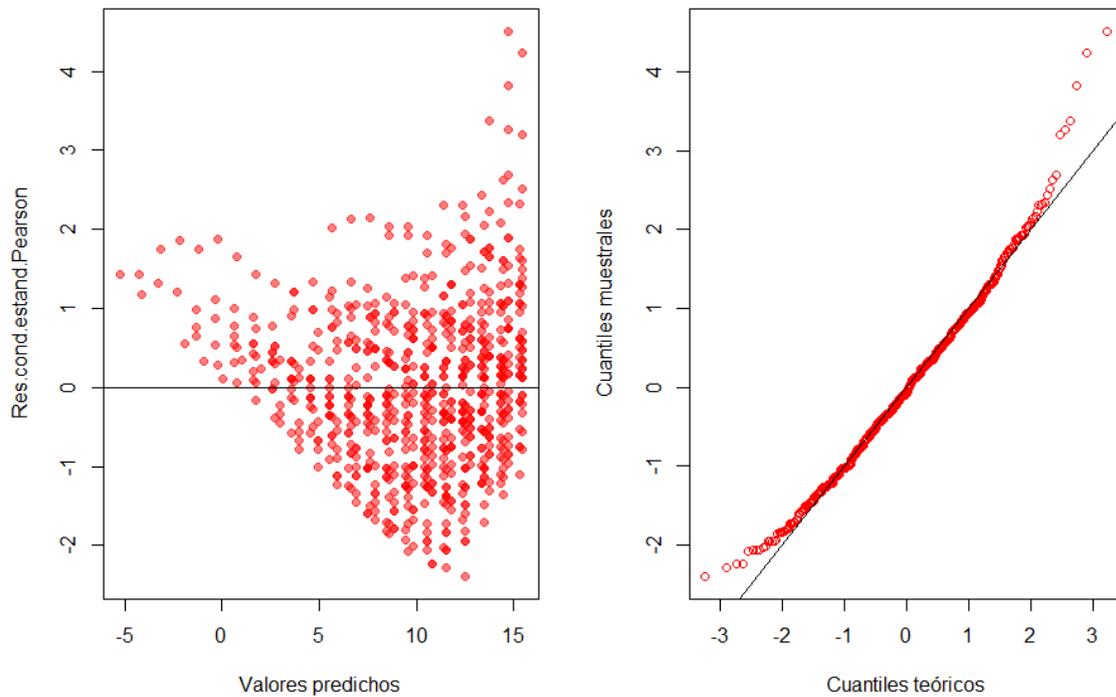


Figura 17: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal general para la semana intermedia en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 17** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 15: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
807	4689.92	4713.36	-2339.96	4.39	0.46

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Modelo lineal mixto

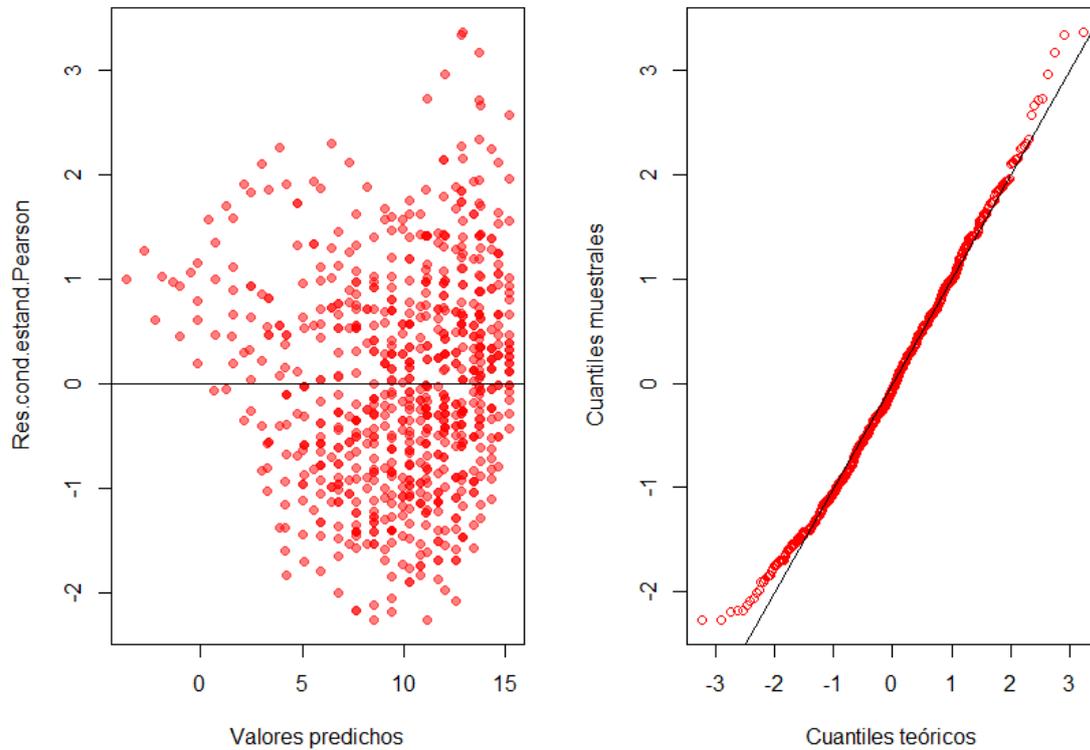


Figura 18: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal mixto para la semana intermedia en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 18** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 16: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
807	4619.39	4750.66	-2281.69	4.20	0.46

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Tabla 17: Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3248.99	<0.0001
Tratamiento	2	7.22	0.0008
Brote	1	973.01	<0.0001

En la **Tabla 17** se observa que al menos un tratamiento difiere de los demás, resaltando a su vez la significancia de la covariable “Brote”.

Tabla 18: Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	10.58	0.27	A
3	10.06	0.19	A
1	9.15	0.27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

En la **Tabla 18** se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 2 y 3, correspondientes a tiempos de evaluación de 4 y 5 meses respectivamente, pero dichos tratamientos sí difieren y superan al tratamiento 1, correspondiente a un tiempo de evaluación de 3 meses en la etapa de bancos de propagación. Por ello, los mayores valores respecto a las medias corresponden a los tratamientos 2 y 3 para la semana intermedia de evaluación, lo cual se muestra adicionalmente en la **Figura 19**.

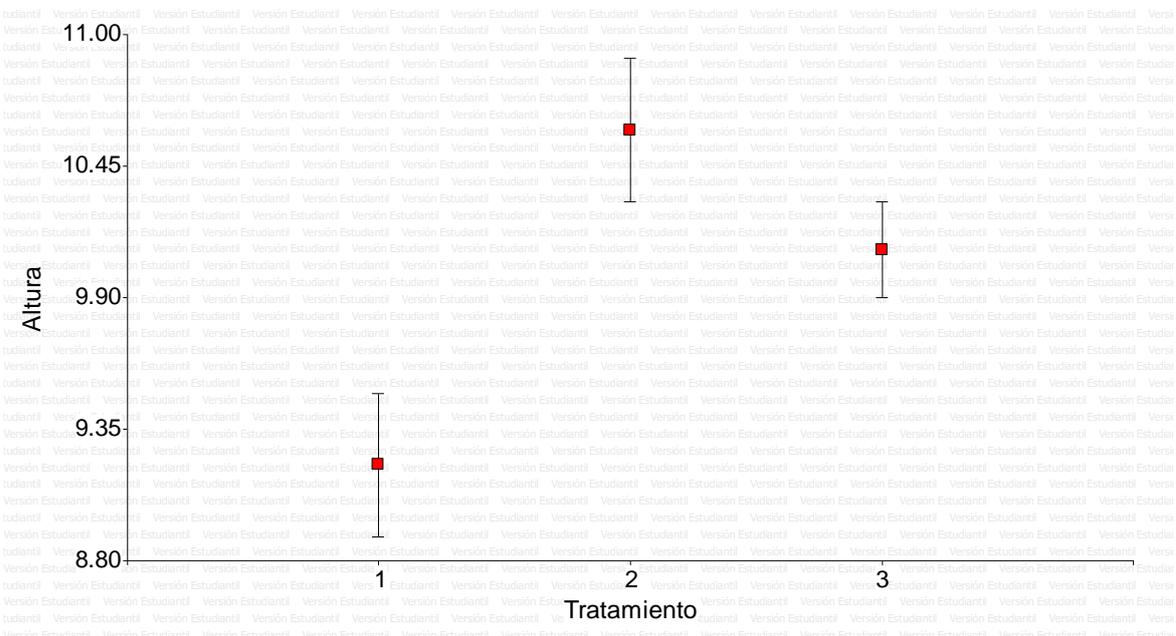


Figura 19: Valor promedio de la variable altura por tratamiento, para la semana intermedia, en la etapa de bancos de propagación.

3.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA – SEMANA FINAL

Modelo lineal general

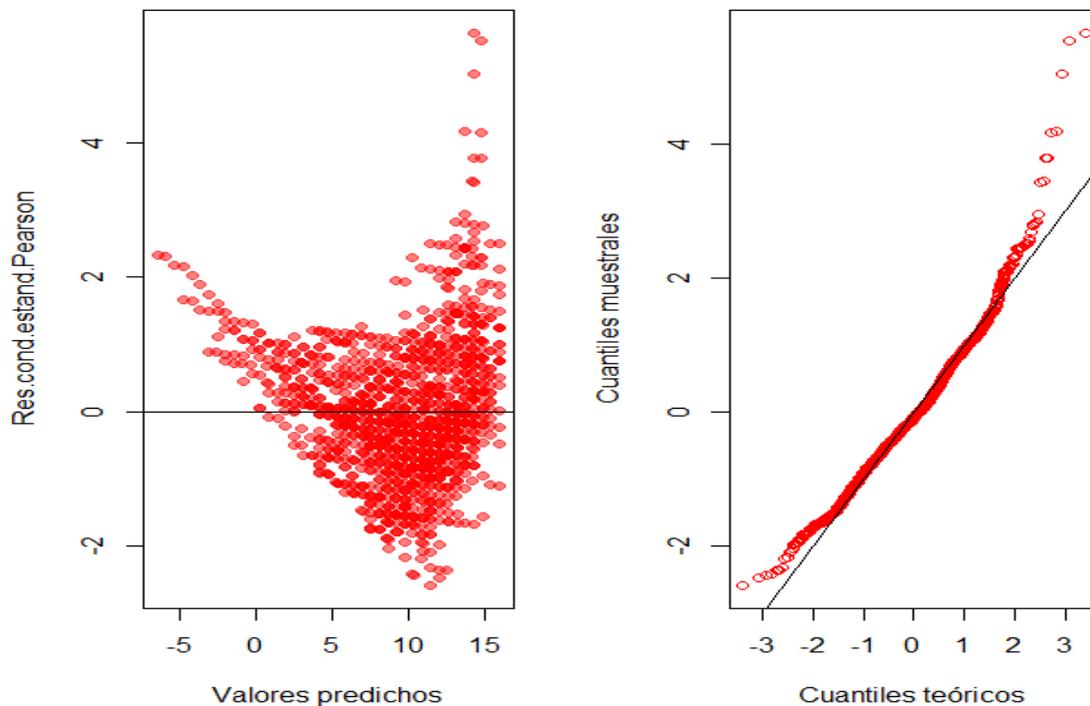


Figura 20: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal general para la semana final en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 20** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 19: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
1409	7938.94	7965.18	-3964.47	4.02	0.50

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Modelo lineal mixto

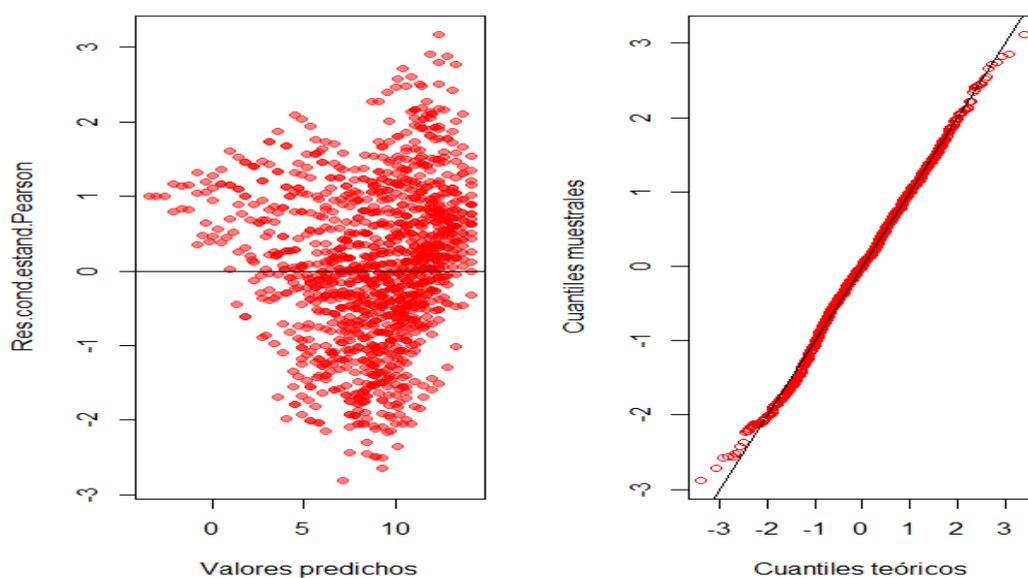


Figura 21: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal mixto para la semana final en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 21** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 20: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
1409	7709.25	7955.89	-3807.62	8.87	0.50

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Tabla 21: Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5149.10	<0.0001
Tratamiento	2	33.12	<0.0001
Brote	1	1331.51	<0.0001

En la **Tabla 21** se observa que al menos un tratamiento difiere de los demás, resaltando a su vez la significancia de la covariable “Brote”.

Tabla 22: Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	9.74	0.13	A
2	8.67	0.18	B
1	7.93	0.20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

En la **Tabla 22** se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, resaltando el tratamiento 3, correspondiente a un tiempo de evaluación de 5 meses, con una media de 9.74 cm, a la que le sigue los tratamientos 2 y 1 correspondientes a tiempos de evaluación de 4 y 3 meses, con valores de medias de 8.67 cm y 7.93 cm respectivamente, lo cual se muestra adicionalmente en la **Figura 22**. De ello se desprende que el tiempo más adecuado para la etapa de bancos de propagación es de cinco meses; sin embargo, dicho resultado no es concluyente puesto que abarca parte de la evaluación y no su totalidad, por lo que se requiere evaluar las etapas posteriores.

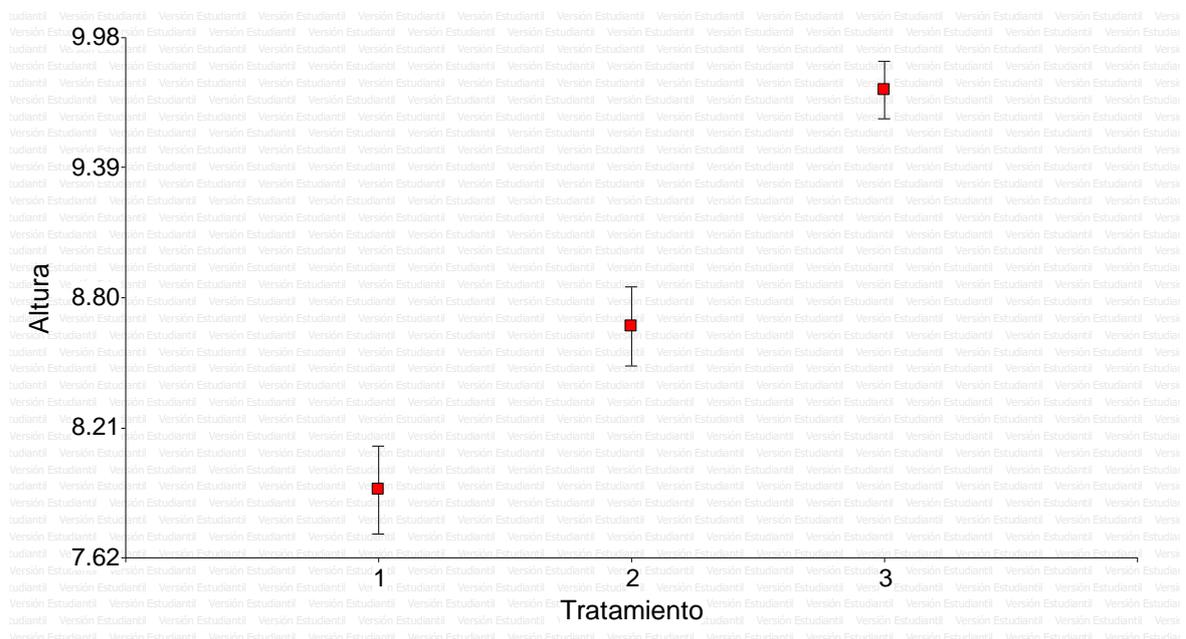


Figura 22: Valor promedio de la variable altura por tratamiento, para la semana final en la etapa de bancos de propagación.

3.2.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Tabla 23: Análisis de regresión lineal para la etapa de bancos de propagación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Altura (cm)	14998	0.52	0.52	15.13	83308.95	83347.03

Tabla 24: Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la etapa de bancos de propagación.

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const.	15.13	0.08	14.96	15.29	179.33	<0.0001		
#	0.27	0.01	0.26	0.28	43.00	<0.0001	1850.68	1.24
Semana								
# Brote	-1.43	0.02	-1.46	-1.40	-92.92	<0.0001	8635.53	7.87
#	0.03	6.0x10 ⁻⁴	0.03	0.03	51.09	<0.0001	2612.47	7.54
Brote ²		4						

Tabla 25: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para la etapa de banco de propagación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	244199.02	3	81399.67	5381.56	<0.0001
# Semana	1771.82	1	1771.82	117.14	<0.0001
# Brote	202942.14	1	202942.14	13417.06	<0.0001
# Brote ²	39485.06	1	39485.06	2610.47	<0.0001
Error	226794.39	14994	15.13		
Total	470993.40	14997			

En la **Tabla 24** y **Tabla 25** se observa que el p-valor mostrado para todos los coeficientes resulta ser significativo, motivo por el cual resulta viable representar todas las variables en la ecuación de regresión. La variable que presenta una mayor influencia en el modelo de regresión es la variable “Brote”, lo cual se observa por el alto valor encontrado por el estadístico CpMallows.

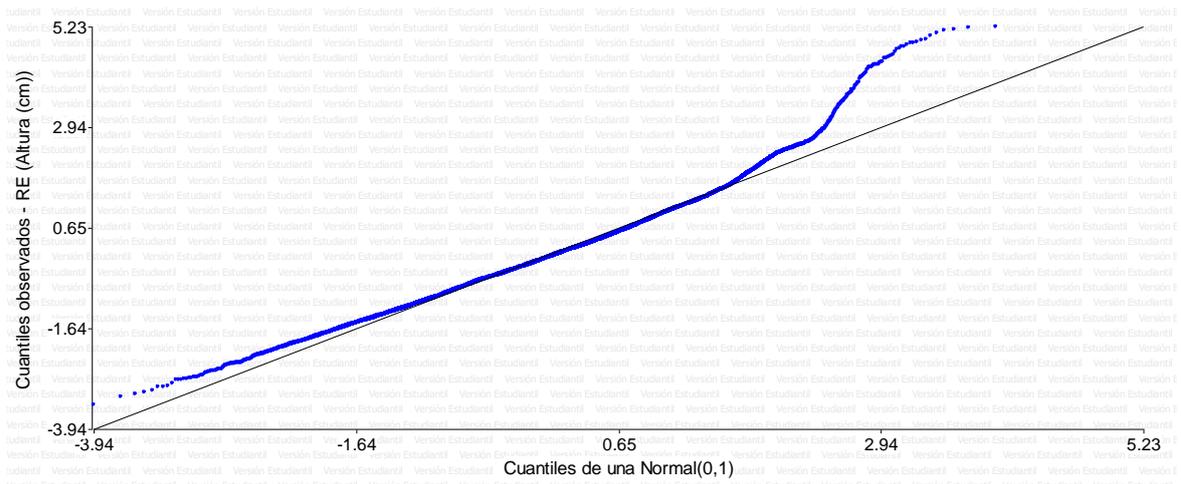


Figura 23: Distribución de los errores para la variable altura en la etapa de bancos de propagación.

En la **Figura 23** se observa que los errores para la variable altura en la etapa de bancos de propagación presentan una distribución normal a medida que los valores se encuentran cercanos a la diagonal.

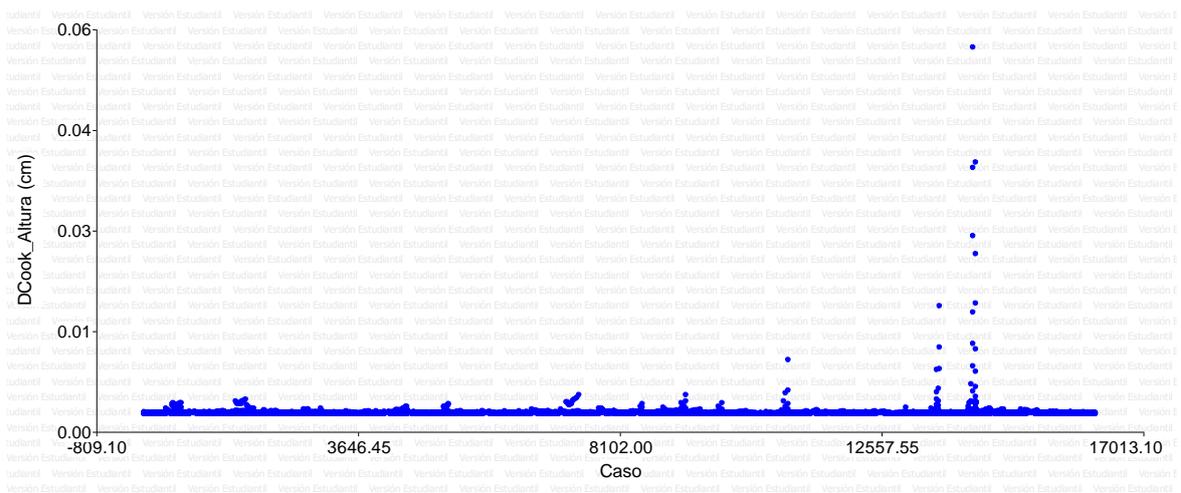


Figura 24: Distancia de Cook para la variable altura en la etapa de bolsa.

En la **Figura 24** se muestra la distancia de Cook para la variable altura en la etapa de bancos de propagación, en donde no se observan valores extremos que puedan afectar el modelo de regresión.

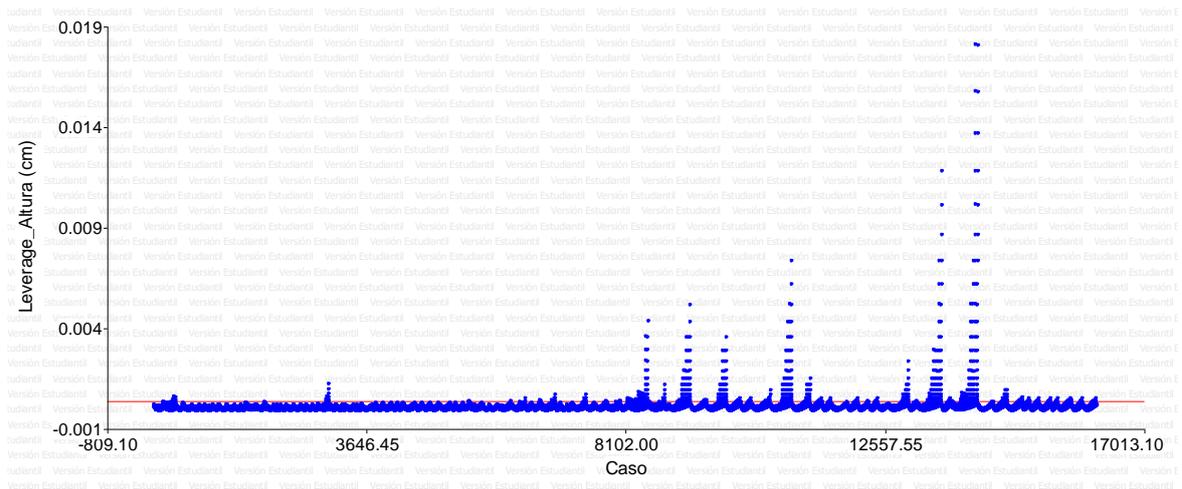


Figura 25: Apalancamiento de observaciones para la variable altura en la etapa de bolsa.

En la **Figura 25** se observa la presencia de pocos valores extremos, los cuales se encuentran alejados de la variable independiente, demostrando un correcto ajuste de las observaciones en el espacio “Y” y, por ende, del modelo de regresión.

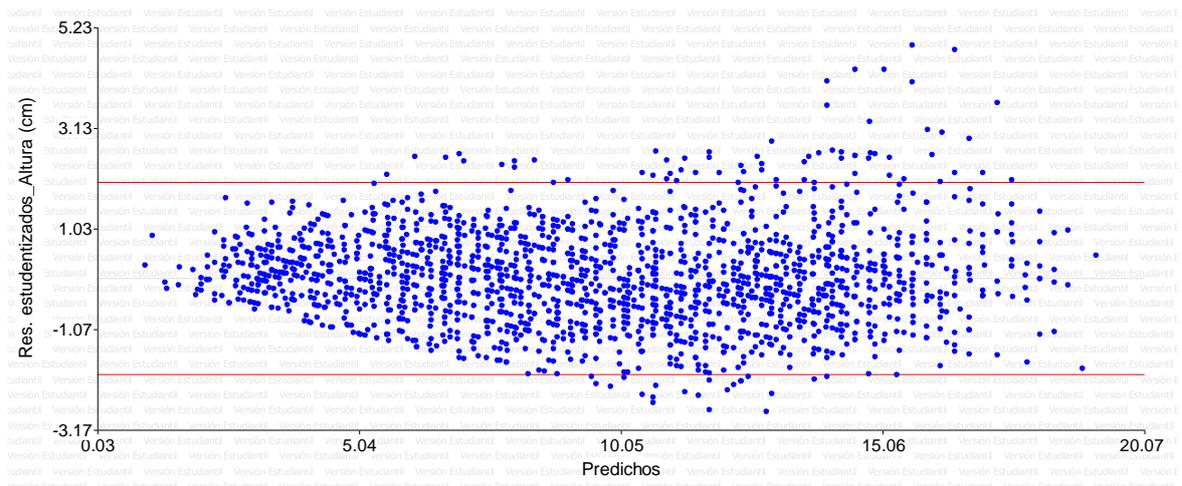


Figura 26: Homogeneidad de varianzas para el modelo de regresión en la etapa de bolsa.

En la **Figura 26** se muestra la homogeneidad de varianzas para el modelo de regresión planteado en la etapa de bancos de propagación, observándose pocos valores que se alejan de dicho rango y reafirmando el correcto ajuste del modelo.

Ante ello, y habiendo comprobado los supuestos estadísticos para el modelo de regresión correspondiente, se obtuvo la siguiente ecuación explicativa para le etapa de banco de propagación:

$$Altura (cm) = 15.13 + 0.27 \times Semana - 1.43 \times Brote + 0.03 \times Brote^2$$

Cabe resaltar que dicha ecuación resulta viable para un rango de semanas de 0 a 20, así como una cantidad de 1 a 41 brotes.

4. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUADUA AFF. ANGUSTIFOLIA EN LA ETAPA DE BOLSA

4.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Tabla 26: Análisis cuantitativo de la propagación vegetativa de *Guadua* aff. *angustifolia* en la etapa de bolsa.

Tratamiento	Cantidad de individuos vivos	Cantidad de individuos prendidos	Cantidad de individuos totales	Prendimiento (%)	Supervivencia (%)
T1: 302	6	9	38	24	16
T2: 303	2	4	38	11	5
T3: 312	6	8	38	21	16
T4: 313	6	11	38	29	16
T5: 322	5	7	38	18	13
T6: 323	5	8	38	21	13
T7: 402	0	4	51	8	0
T8: 403	3	7	51	14	6
T9: 412	0	3	51	6	0
T10: 413	4	6	51	12	8
T11: 422	6	9	51	18	12
T12: 423	2	4	51	8	4
T13: 502	0	2	70	3	0
T14: 503	0	2	70	3	0
T15: 512	0	2	70	3	0
T16: 513	0	3	70	4	0
T17: 522	1	2	70	3	1
T18: 523	1	2	70	3	1

En la **Tabla 26** se presenta el análisis cuantitativo de la propagación vegetativa de *Guadua* aff. *angustifolia* por el método de chusquines, involucrando las etapas de banco de propagación, invernadero y era de crecimiento en conjunto. Aquellos individuos que prendieron y posteriormente se secaron no fueron considerados para la interpretación de resultados, a excepción del porcentaje de prendimiento. Asimismo, cabe resaltar que para la evaluación de altura de los individuos fue necesario realizar una clasificación de los mismos: Brote (individuos formados a partir de brotes individuales), Verde (individuos que no se secaron pese a la segregación) y Ramificación (ramificaciones del eje principal), mencionando a su vez que no todos los individuos, de acuerdo a esta clasificación, presentaban altura *per se*, sino longitud.

Respecto al prendimiento, se observa que el mayor valor corresponde al tratamiento 4 (313) con 29%, seguido por el tratamiento 1 (302) con 24% y los tratamientos 3 (312) y 6 (323) con 21% para cada uno, constituyendo así los únicos valores de prendimiento mayores a 20% y correspondiendo, en todos los casos, a una estadía de tres meses en banco de propagación. Por otro lado, los valores más bajos corresponden a una estadía de cinco meses en banco de propagación con prendimiento de 3% en todos los casos, a excepción del tratamiento 16 (513), el cual presenta un prendimiento de 4%. Noboa Salazar (2014), mediante el uso de siete tratamientos respecto al tipo de sustrato en el crecimiento de chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth, reportó valores porcentuales de prendimiento entre 25%, para una mezcla de sustrato de suelo, arena y estiércol vacuno (5:3:2) y 95%, para una mezcla de sustrato de tamo (cáscara) y aserrín de madera (1:1), con un promedio de 69% para el total de tratamientos a los 100 días después de siembra en bolsas de 15,24 x 20,32 cm.

Asimismo, se observa una mayor supervivencia en los tratamientos 1 (302), 3 (312) y 4 (313) con 16% cada uno. Cabe resaltar que un tercio de los tratamientos corresponden a valores de 0% de supervivencia, tal es el caso de los tratamientos 7, 9, 13, 14, 15 y 16. Cruz Rios (1995), sobre la propagación de *Guadua angustifolia* Kunth por el método de chusquines, menciona que el porcentaje de supervivencia fue de 95 a 98%, luego de tres meses de estadía en banco de propagación, segregación y estadía de las bolsas en invernadero de 15 a 20 días. Por otro lado, Lárraga-Sánchez *et al.* (2011) presentaron un valor de 55,52% de supervivencia para la misma especie y bajo el mismo método de propagación en un periodo de evaluación de cuatro meses; ambos valores resultan ser considerablemente mayores a la tasa de supervivencia máxima de 16% que se presenta en este estudio.

4.1.1. NÚMERO DE BROTES

Tabla 27: Análisis descriptivo del número de brotes, por tratamiento, en la etapa de bolsa.

Tratamiento	Cantidad Mínima	Cantidad Máxima	Individuos evaluados	N° brotes/individuo
302	1	1	4	1
312	1	1	5	1
322	1	2	3	1,67
303	1	3	2	2,00
313	1	4	6	2,17
323	1	3	5	2,40
422	1	3	6	1,33
403	1	2	3	1,67
413	2	4	4	3
423	2	4	2	3
522		2	1	2
523		2	1	2

En la **Tabla 27** se muestra el análisis descriptivo del número de brotes en la etapa de bolsa. Se observa que el mayor valor de la cantidad máxima es de 4 brotes/individuo, encontradas en los tratamientos 313, 413 y 423, el menor valor de la cantidad máxima es de 1 brote/individuo y corresponde a los tratamientos 302 y 312, mientras que los tratamientos 522 y 523 solo presentaron un individuo cada uno, por lo que se cuestiona su análisis al no ser representativo. Es por ello que aquellos tratamientos en donde se encontraron más de un individuo sometido a evaluación y valores mayores a 1 brote/individuo como cantidad máxima serán discutidos y considerados para la elección de los tiempos óptimos de propagación para esta variable.

Al realizar y analizar el promedio, se encontraron que los mayores valores pertenecen a los tratamientos 413 y 423 con 3 brotes/individuo cada uno, a lo cual le siguen los tratamientos 323 y 313 con 2,40 brotes/individuo y 2,17 brotes/individuo respectivamente, siendo estos los únicos tratamientos con valores mayores 2 brotes/individuo y resaltando que todos ellos pertenecen a una estadía de tres meses en la etapa de eras de crecimiento. Estos valores son similares a los reportados por Pereira da Fonseca (2007) en su estudio para evaluar la capacidad de multiplicación de brotes segregados de matas de bambú *Guadua angustifolia* Kunth en bandejas (30 cm x 20 cm x 6 cm) al obtener valores medios entre 10 a 19 brotes/individuo bajo una transformación de raíz cuadrada ($x + 1$), lo cual se traduce en aproximadamente 3 a 5 brotes/individuo después de 90 días desde la plantación de las plántulas.

Por otro lado, Noboa Salazar (2014), mediante el uso de siete tratamientos respecto al tipo de sustrato en el crecimiento de chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth, reportó valores de número de brotes de 3,95 brotes/individuo y 7,28 brotes/individuo a los 30 y 100 días después de siembra en bolsas de 15,24 x 20,32 cm, con un incremento promedio de 3,32 brotes/individuo en dicho lapso de estudio, lo cual puede ser explicado por el mayor desarrollo radicular brindado por el tamaño de bolsa utilizado, el cual cuenta con mayores dimensiones al empleado para el presente estudio.

Asimismo, Bonilla, Espinosa y Sánchez de Prager (1998), mediante la inoculación con hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) sobre las raíces de chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth, reportaron valores promedio de 5,57 y 6,77 brotes promedio por individuo a los 60 y 90 días desde el trasplante a bolsa respectivamente, con un periodo en banco de propagación de 60 días; sin embargo, bajo el tratamiento testigo de suelo natural reportaron 3,07 y 3,87 brotes por individuo, los cuales constituyen los valores más bajos para los experimentos realizados en los tiempos mencionados anteriormente. Estos resultados difieren con lo reportado por, Lárraga-Sánchez *et al.* (2011) quienes presentaron un valor de 1,11 hijuelos por individuo para la misma especie y bajo el mismo método de propagación en un periodo de evaluación de cuatro meses.

Por último, Márquez de Hernández y Marín (2011), al evaluar el comportamiento *Guadua amplexifolia* J. Presl y *Guadua angustifolia* Kunth al ser cultivadas por seis meses usando tres diferentes sustratos hortícolas en condiciones de vivero, presentaron valores de 5,3 brotes/individuo, 4,7 brotes/individuo y 1,7 brotes/individuo para la especie *Guadua amplexifolia* J. Presl en los sustratos conformados por suelo y arena (1:2), suelo-arena con humus de lombriz (3:1) y suelo-arena con pergamino de café (3:1) respectivamente; mientras que para la especie *Guadua angustifolia* Kunth presentaron valores de 13 brotes/individuo, 17 brotes/individuo y 2,3 brotes/individuo respectivamente para los tratamientos mencionados anteriormente. Esto resalta la importancia de la estructura y composición del sustrato para el óptimo desarrollo del género *Guadua*.

4.1.2. ALTURA DE BROTES

Tabla 28: Análisis descriptivo de la altura de brotes, por tratamiento, en la etapa de bolsa.

Tratamiento	Brotes evaluados	Alt. Mínima	Alt. Máxima	Alt. Promedio
302	4	2,6	6	4,1
312	5	2,1	5,3	3,68
322	5	1	8,5	3,66
303	4	4,3	9,7	6,1
313	13	3	9,7	6,47
323	12	0,7	10	5,06
422	8	0,8	7,1	4,56
403	5	0,1	6,5	3,8
413	12	1,2	9,6	4,58
423	6	0,6	5,9	3,7
522	2	1,5	5,2	3,35
523	2	2,4	7,1	4,75

En la **Tabla 28** se muestra el análisis descriptivo de la altura de brotes en la etapa de bolsa. Se observa que los mayores valores de la variable altura promedio son de 10 centímetros, 9,7 centímetros, 9,7 centímetros y 9,6 centímetros correspondientes a los tratamientos 323, 303, 313 y 413 respectivamente, mientras que para la variable altura promedio son de 6,47 centímetros, 6,1 centímetros y 5,06 centímetros correspondientes a los tratamientos 313, 303 y 323 respectivamente; sin embargo, solo los tratamientos 313, 323 y 413 presentan más de diez brotes analizados, por lo que sus resultados son más acertados para la discusión. Estos resultados son mayores a lo presentado por Pereira da Fonseca (2007), en su estudio para evaluar la capacidad de multiplicación de brotes segregados de matas de bambú *Guadua angustifolia* Kunth en bandejas de (30 cm x 20 cm x 6 cm), obteniendo un máximo valor medio de 4,99 centímetros en el tratamiento de densidad de 10 plántulas sin hojas por bandeja.

Contrario a ello, Bonilla, Espinosa y Sánchez de Prager (1998), mediante la inoculación con hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) sobre las raíces de chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth, reportaron valores promedio de 28,69 y 31,20 centímetros de altura promedio por individuo a los 60 y 90 días desde el trasplante a bolsa respectivamente, con un periodo en banco de propagación de 60 días; sin embargo, bajo el tratamiento testigo de suelo natural reportaron 21,77 y 23,16 centímetros de altura por individuo, los cuales constituyen los valores más bajos para los experimentos realizados en los tiempos mencionados anteriormente.

Por otro lado, Lárraga-Sánchez *et al.* (2011) presentaron un valor de 22 centímetros de altura por individuo para la misma especie y bajo el mismo método de propagación en un periodo de evaluación de cuatro meses. Por último, Noboa Salazar (2014), mediante el uso de siete tratamientos respecto al tipo de sustrato en el crecimiento de chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth, reportó valores iniciales de altura de 29,51 centímetros, obteniendo valores de 35,02 centímetros y 43,96 centímetros a los 60 y 100 días después de siembra en bolsas de 15,24 cm x 20,32 cm.

4.1.3. CANTIDAD Y LONGITUD DE RAÍCES

Tabla 29: Análisis descriptivo de la cantidad y longitud de raíces de brotes en la etapa de bolsa.

Tratamiento	N° individuos	N° raíces/individuo	Promedio de la longitud de raíces	Promedio de la longitud de raíz principal
302	6	8	6,74	10,50
312	6	9	5,97	9,83
322	5	10	6,14	10,10
303	2	13	8,66	19,25
313	6	12	11,44	29,17
323	5	12	12,12	32,20
422	6	8	5,89	9,50
403	3	8	6,24	13,17
413	4	10	10,20	22,00
423	2	11	10,31	33,25
522	1	14	6,54	18,50
523	1	10	4,75	9,00

En la **Tabla 29** se muestra el análisis descriptivo de la cantidad y longitud de raíces de brotes en la etapa de bolsa, en donde se resalta la cantidad de individuos evaluados para obtener dicha información. La cantidad de raíces por individuo oscila entre 8 a 14, siendo los tratamientos 522, 303, 323, 313 y 423 aquellos con mayores cantidades, con 14, 13, 12, 12 y 11 raíces/individuo respectivamente; se observa que dichos tratamientos, casi en su totalidad, permanecieron tres meses en la etapa de eras de crecimiento.

Asimismo, respecto al promedio de la longitud de raíces, los tratamientos 323, 313, 423 y 413 presentaron los mayores valores con 12,12, 11,44, 10,31 y 10,20 centímetros respectivamente, siendo dichos tratamientos pertenecientes a una estadía de tres y cuatro meses en banco de propagación y tres meses en eras de crecimiento. Por último, se observaron valores de 33,25, 32,20, 29,17 y 22 centímetros para la variable promedio de la longitud de la raíz principal en los tratamientos 423, 323, 313 y 413 respectivamente. Se observa una clara predominancia para los tratamientos que provinieron de tiempos de estadía en bancos de propagación de tres y cuatro meses, así como dos y tres meses en eras de crecimiento; el tiempo de estadía en la etapa de invernadero no parece tener influencia relevante en los resultados.

Pereira da Fonseca (2007), en su estudio para evaluar la capacidad de multiplicación de brotes segregados de matas de bambú *Guadua angustifolia* Kunth en bandejas de (30x20x6 cm), obtuvo los máximos valores medios de 8,26 raíces por individuo y 3,88 centímetros de longitud de raíz en el tratamiento de densidad de 10 plántulas sin hojas por bandeja; mientras que Lárraga-Sánchez *et al.* (2011) presentaron un valor de 4 raíces por individuo y 16,55 centímetros de longitud de la raíz principal para la misma especie y bajo el método de propagación por chusquines en un periodo de evaluación en bolsa de cuatro meses; en ambos casos, los resultados del presente estudio muestran un mayor desarrollo radicular.

Por último, Noboa Salazar (2014), mediante el uso de siete tratamientos respecto al tipo de sustrato en el crecimiento de *Guadua angustifolia* Kunth, reportó valores de longitud radicular entre 4,93 a 14,27 centímetros, con un promedio de 8,83 centímetros, a los 100 días después de siembra en bolsas de 15,24 x 20,32 cm.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación, se presentan los resultados del análisis de varianza correspondientes a la variable altura y covariable brote para la semana final de la evaluación por tratamientos, así como el modelo de regresión, para la etapa de bolsas.

4.2.1. ANÁLISIS DE VARIANZA – SEMANA FINAL

Modelo lineal mixto

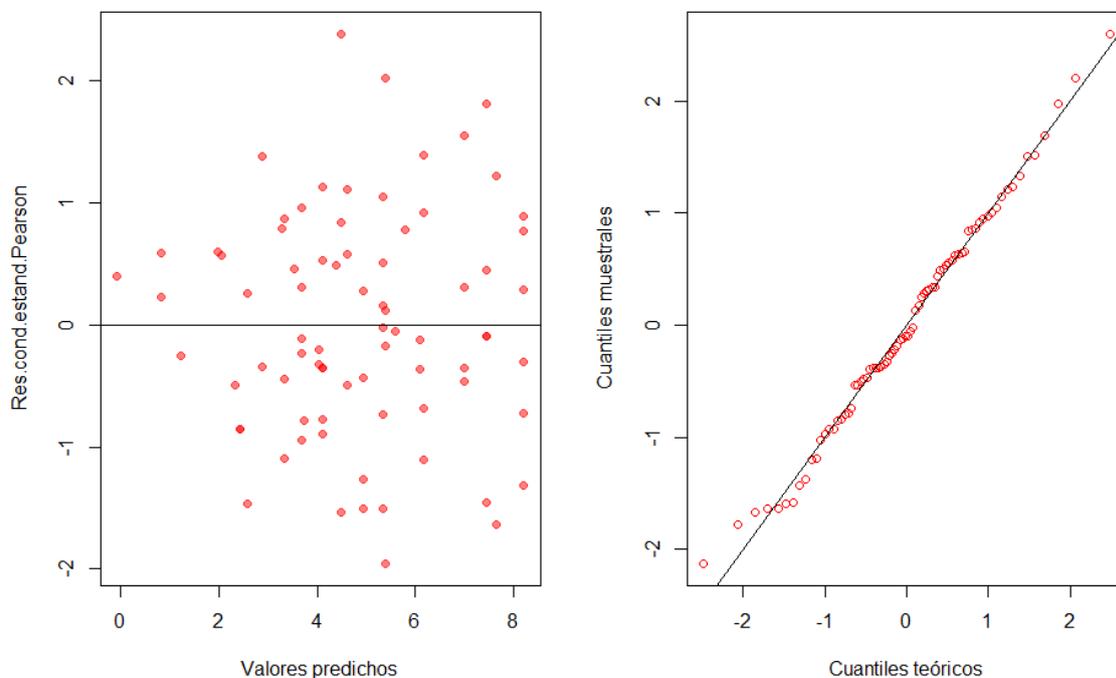


Figura 27: Homogeneidad de varianzas y dispersión de residuos del modelo lineal mixto para la semana final en la etapa de bolsa.

En la **Figura 27** se verifica el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los residuos del ANVA.

Tabla 30: Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
78	304.30	334.74	-138.15	1.68	0.62

AIC y BIC menores implica mejor ajuste.

Tabla 31: Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	314.32	<0.0001
Tratamiento	11	5.08	<0.0001
Brote	1	74.61	<0.0001

En la **Tabla 31** se observa que al menos un tratamiento difiere de los demás, resaltando a su vez la significancia de la covariable “Brote”.

Tabla 32: Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Tratamiento	Medias	E.E.			
313	6.79	0.47	A		
303	6.22	0.84	A		
323	6.02	0.49	A		
413	5.56	0.50	A		
423	4.68	0.70	A	B	
523	4.35	1.19	A	B	C
422	3.91	0.60		B	C
403	3.20	0.76		B	C
322	3.06	0.76		B	C
522	2.95	1.19		B	C
302	2.68	0.86		B	C
312	2.26	0.77			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

En la **Tabla 32** se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, obteniéndose tres grupos diferenciados y con los tratamientos 303, 313, 323 y 413 como aquellos que presentaron las mayores medias, resaltando que dichos tratamientos corresponden a estadía en la etapa de bancos de propagación de 3 y 4 meses; sin embargo, el más adecuado para la etapa de bolsa y que abarca el total de la evaluación corresponde al tratamiento 303. Si bien los tratamientos 303, 313, 323 y 413 presentan los mayores valores y no presentan diferencias entre sí, resulta conveniente emplear en la práctica aquél tratamiento que implique menor estadía en vivero y, por ende, menores costos.

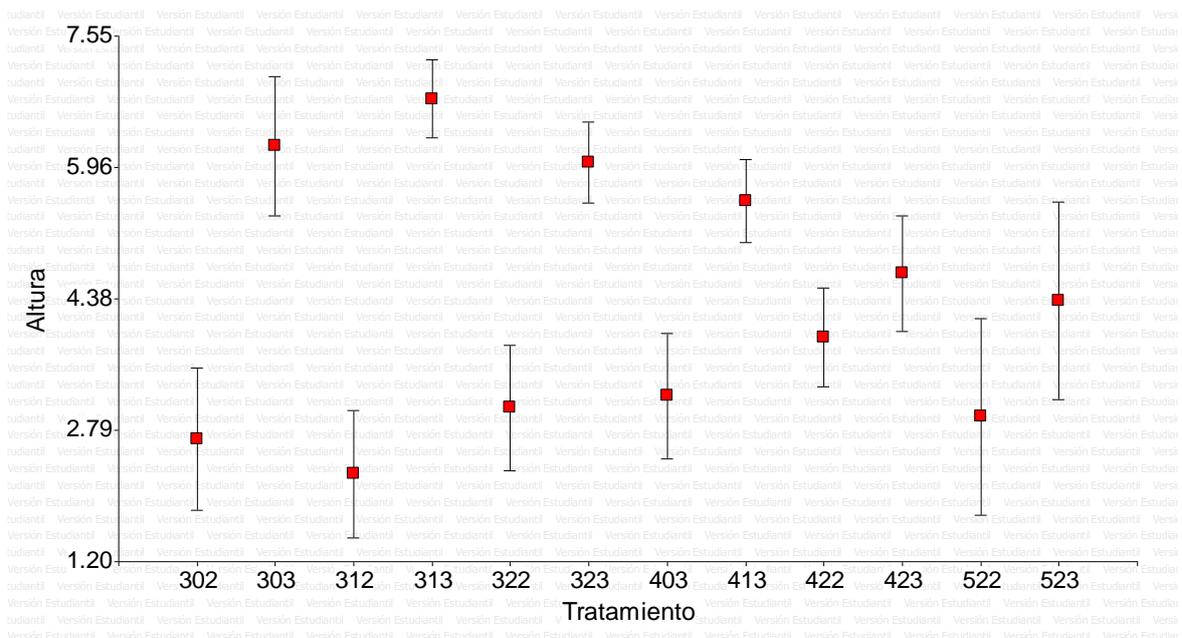


Figura 28: Valor promedio de la variable altura por tratamiento.

4.2.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Tabla 33: Análisis de regresión lineal para la etapa de bolsa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Altura (cm)	42	0.39	0.33	1.97	144.76	155.19

Tabla 34: Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la etapa de bolsa.

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	P-valor	CpMallovs	VIF
Const.	0.92	1.29	-1.68	3.53	0.72	0.4774		
Prom. Long. de raíces	0.27	0.08	0.11	0.44	3.29	0.0022	13.83	1.79
Nº raíces	0.09	0.07	-0.05	0.24	1.36	0.1833	4.84	1.55
# Semana	0.15	0.14	-0.13	0.43	1.05	0.2988	4.11	2.16
# Brotes	-	0.29	-1.17	2.2x10 ⁻³	-	0.0508	7.07	2.20
	0.58				2.02			

Tabla 35: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la etapa de bolsa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37.72	4	9.43	6.01	0.0008
Prom. Long. de raíces	16.98	1	16.98	10.83	0.0022
N° raíces	2.88	1	2.88	1.84	0.1833
# Semana	1.74	1	1.74	1.11	0.2988
# Brotes	6.39	1	6.39	4.07	0.0508
Error	58.02	37	1.57		
Total	95.74	41			

En la **Tabla 34** y **Tabla 35** se observa que, entre todas las variables en estudio, solo la variable “Promedio de longitud de raíces” presenta un coeficiente significativo para la regresión y el ANVA, motivo por el cual se procedió a analizarla de manera aislada.

Tabla 36: Análisis de regresión lineal para la etapa de bolsa (variable: Promedio de longitud de raíces).

Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Altura (cm)	42	0.32	0.31	1.77	143.36	148.57

Tabla 37: Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la etapa de bolsa (variable: Promedio de longitud de raíces).

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	P-valor	CpMallows	VIF
Const.	2.45	0.56	1.32	3.59	4.36	0.0001		
Prom. Long. de raíces	0.28	0.06	0.15	0.40	4.38	0.0001	19.16	1.00

Tabla 38: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la etapa de bolsa (variable: Promedio de longitud de raíces).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31.00	1	31.00	19.16	0.0001
Prom. Long. de raíces	31.00	1	31.00	19.16	0.0001
Error	64.74	40	1.62		
Total	95.74	41			

En la **Tabla 38** se observa que la variable “Promedio de longitud de raíces” resulta ser aquella que podría explicar de mejor manera el modelo de regresión para la presente etapa respecto a la variable independiente “Altura”, para lo cual se procede a realizar la comprobación de supuestos.

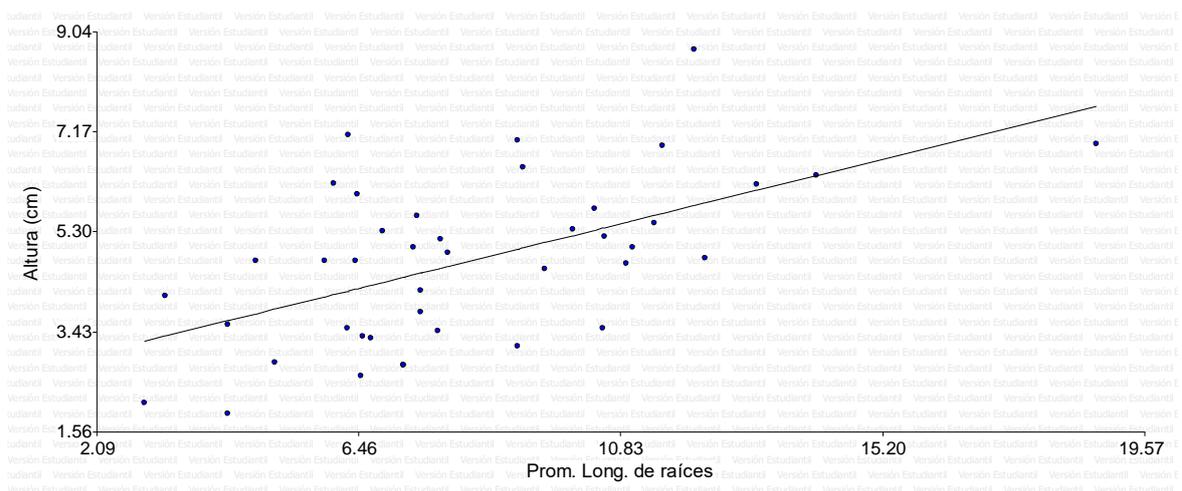


Figura 29: Dispersión de valores en la relación entre variables de altura y promedio de longitud de raíces para la etapa de bolsa.

En la **Figura 29** se muestra la relación entre las variables altura y promedio de longitud de raíces para la etapa de bolsa, en donde se observa una relación positiva entre ambas y generando una función lineal.

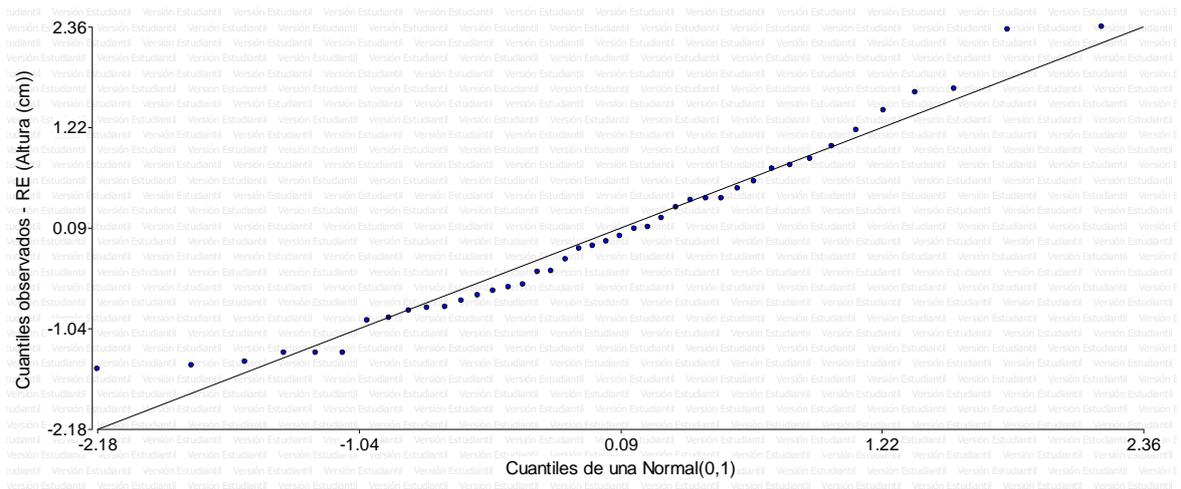


Figura 30: Distribución de los errores para la variable altura en la etapa de bolsa.

En la **Figura 30** se observa que los errores para la variable altura en la etapa de bolsa presentan una distribución normal a medida que los valores se encuentran cercanos a la diagonal.

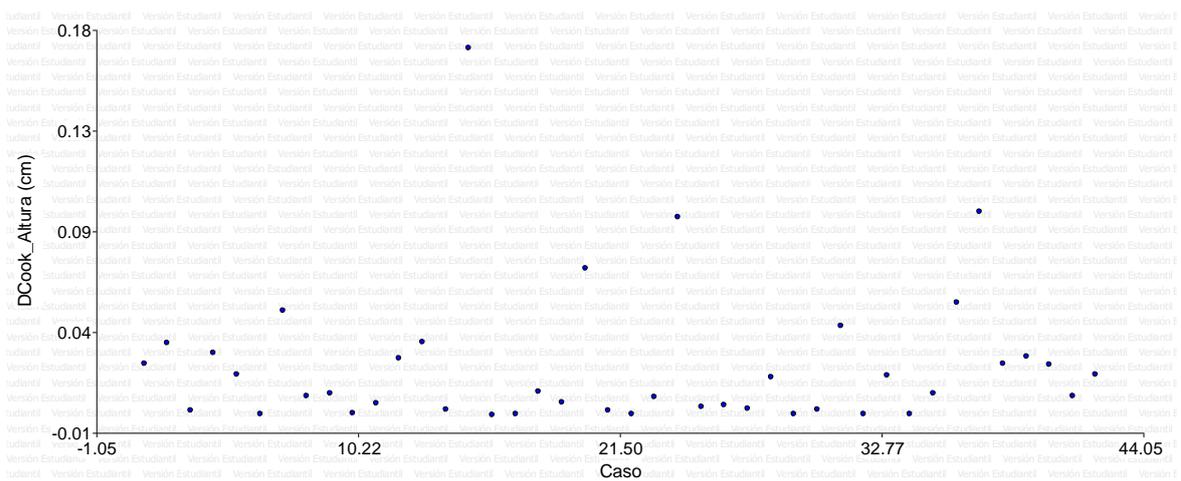


Figura 31: Distancia de Cook para la variable altura en la etapa de bolsa.

En la **Figura 31** se muestra la distancia de Cook para la variable altura en la etapa de bolsa, en donde no se observan valores extremos que puedan afectar el modelo de regresión.

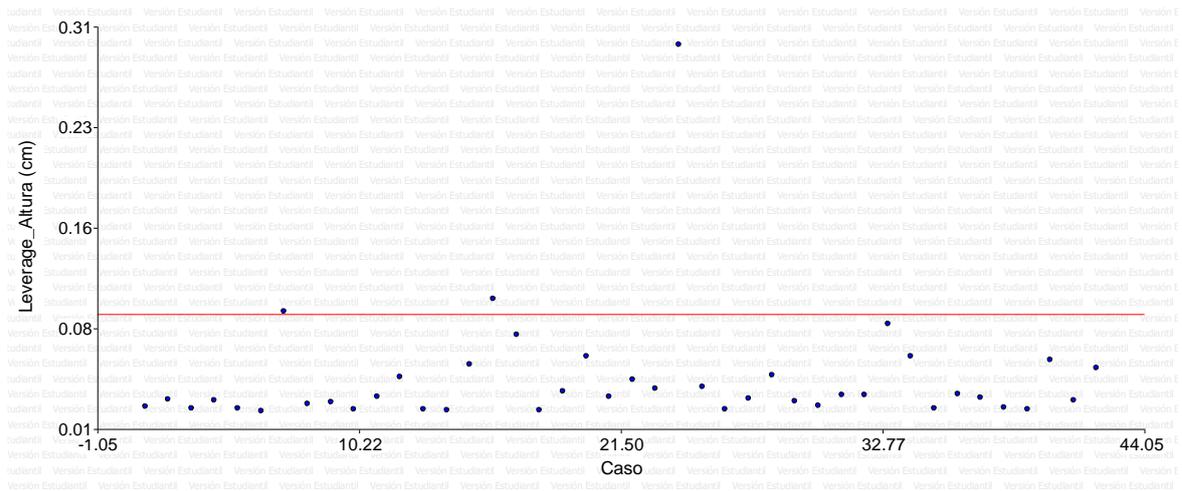


Figura 32: Apalancamiento de observaciones para la variable altura en la etapa de bolsa.

En la **Figura 32** se observa la presencia de pocos valores extremos, los cuales se encuentran alejados de la variable independiente, demostrando un correcto ajuste de las observaciones en el espacio “Y” y, por ende, del modelo de regresión.

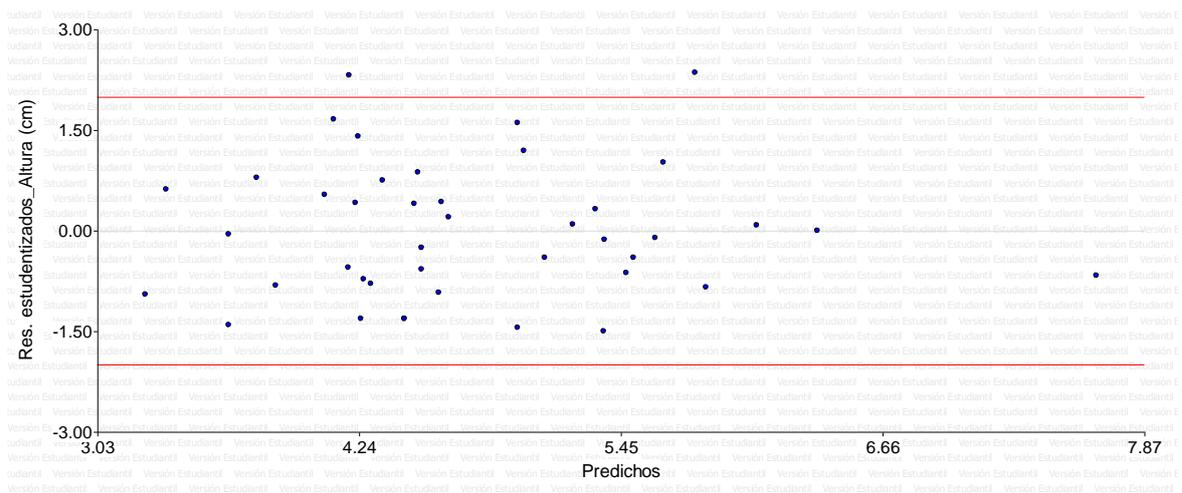


Figura 33: Homogeneidad de varianzas para el modelo de regresión en la etapa de bolsa.

En la **Figura 33** se muestra la homogeneidad de varianzas para el modelo de regresión planteado en la etapa de bolsa, observándose pocos valores que se alejan de dicho rango y reafirmando el correcto ajuste del modelo.

Ante ello, y habiendo comprobado los supuestos estadísticos para el modelo de regresión correspondiente, se obtuvo la siguiente ecuación explicativa para le etapa en bolsa:

$$Altura (cm) = 2.45 + 0.28 \times Promedio de la longitud de raíces$$

Cabe resaltar que dicha ecuación resulta viable para un rango de promedio de la longitud de raíces de 2,89 a 18,78 cm; sin embargo, debido a que el ANVA realizado para la etapa en bolsa determinó al tratamiento 303 como el más adecuado para la propagación de la presente especie, se desprende que la ecuación generada a partir del modelo de regresión para dicha etapa resulta concluyente bajo el rango de las características morfométricas de dicho tratamiento, esto es promedio de la longitud de raíces de 7,96 a 9,21 cm.

Se concluye que, para la etapa en bolsa, aquellos individuos que presenten entre 4,68 a 5,03 cm de altura, valores obtenidos a partir del promedio de longitud de raíces aplicados al modelo de regresión, presentan las características suficientes para pasar a campo definitivo.

Por otro lado, respecto a la interpretación de la ecuación generada a partir del modelo de regresión en la etapa de banco de propagación (**Tabla 24**), se realizó con la finalidad de servir como indicativo de la calidad del material vegetativo de dicha etapa, es decir, establecer los parámetros dentro de los cuales un individuo presenta las características apropiadas para pasar, en este caso, a la segregación y posterior etapa en bolsa. Debido a que el ANVA realizado para la etapa en bolsa determinó al tratamiento 303 como el más adecuado para la propagación de la presente especie, se desprende que, bajo el tiempo de tres meses de estadía en banco de propagación, la ecuación generada a partir del modelo de regresión para dicha etapa resulta concluyente bajo el rango de las características morfométricas de dicho tratamiento, esto es número de brotes de 3 a 23 brotes/individuo.

$$Altura (cm) = 15.13 + 0.27 \times Semana - 1.43 \times Brote + 0.03 \times Brote^2$$

En la **Tabla 39** se muestran los resultados de la variable altura (cm) en función a la variable número de brotes, para la semana 12 (tres meses), según el modelo de regresión originado para la etapa de bancos de propagación. Si bien dicha ecuación acepta valores de 1 a 41 brotes/individuo y para un rango de 0 a 20 semanas, se resalta un rango de número de brotes de 3 a 23 brotes/individuo para la semana 12 puesto que estos son los rangos para el tratamiento más adecuado según el ANVA para dicha etapa.

Tabla 39: Resultados de la variable altura (cm) para la semana 12 del modelo de regresión de la etapa de bancos de propagación.

# Brotos	Altura (cm)	# Brotos	Altura (cm)	# Brotos	Altura (cm)	# Brotos	Altura (cm)
1	16,97	11	6,27	21	1,57	31	2,87
2	15,63	12	5,53	22	1,43	32	3,33
3	14,35	13	4,85	23	1,35	33	3,85
4	13,13	14	4,23	24	1,33	34	4,43
5	11,97	15	3,67	25	1,37	35	5,07
6	10,87	16	3,17	26	1,47	36	5,77
7	9,83	17	2,73	27	1,63	37	6,53
8	8,85	18	2,35	28	1,85	38	7,35
9	7,93	19	2,03	29	2,13	39	8,23
10	7,07	20	1,77	30	2,47	40	9,17
						41	10,17

Se observa que los valores de la variable altura promedio por individuo decrecen a medida aumenta el número de brotes, para el rango de número de brotes de 1 a 24 brotes/individuo, lo cual es explicado por la proliferación de brotes nuevos durante las primeras fases de desarrollo, ocasionando que dichos valores afecten el promedio para dicha variable; sin embargo, se observa un incremento para el rango de número de brotes de 25 a 41 brotes/individuo debido a que los individuos dejan de centrarse en la producción de brotes nuevos sino en el crecimiento en altura, siendo un claro indicativo de que están listos para la siguiente etapa.

Se concluye que, para la etapa de banco de propagación, aquellos individuos que presenten 24 brotes/individuo y/o una estadía de 12 semanas en banco, presentan las características suficientes para pasar a ser segregados y puestos posteriormente en bolsas.

V. CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo al análisis estadístico y cuantitativo, el lapso de crecimiento más eficiente para la propagación vegetativa de la especie en estudio mediante el método de chusquines corresponde a tres meses en bancos de propagación y tres meses en eras de crecimiento, omitiendo la etapa en invernadero.
- 2) Los valores de porcentaje de supervivencia para la etapa de bancos de propagación varían entre 94% a 100% para los tratamientos evaluados, mientras que el porcentaje de prendimiento fue del 100% para todos los casos.
- 3) Los valores de porcentaje de supervivencia para la etapa en bolsa oscilaron entre 0% y 16%, mientras que el porcentaje de prendimiento presentó valores entre 3% y 29%.
- 4) La variable número de brotes reportó valores promedio hacia el final de la evaluación de 11, 14 y 20 brotes/individuo en la etapa de bancos de propagación para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, llegando a 37 brotes/individuo en el último tratamiento, así como presencia de 1 a 3 brotes/individuo para la etapa en bolsa.
- 5) La variable altura reportó valores máximos hacia el final de la evaluación de 20,29 cm, 20,87 cm y 19,57 cm, así como valores promedio de 10,21 cm, 9,61 cm y 9,24 cm en la etapa de bancos de propagación para los tiempos de tres, cuatro y cinco meses respectivamente, así como altura máxima de 5,2 cm a 10 cm y altura promedio de 3,35 cm a 6,47 cm para la etapa en bolsa.
- 6) Respecto a la calidad del material vegetativo, para la etapa de bancos de propagación, aquellos individuos que presenten 24 brotes/individuo y/o una estadía de 12 semanas en banco, presentan las características suficientes para pasar a ser segregados y puestos posteriormente en bolsas, mientras que, para la etapa en bolsa, aquellos individuos que presenten entre 4,68 cm a 5,03 cm de altura, presentan las características suficientes para pasar a campo definitivo, bajo las condiciones efectuadas en la presente investigación.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer el inicio de los experimentos durante otras estaciones del año con la finalidad de evaluar la respuesta de los individuos frente a diferentes condiciones de temperatura y humedad, teniendo en consideración el inicio de la época lluviosa como referencia al establecimiento de individuos en campo.
- Se recomienda el establecimiento de riego por nebulización, o métodos alternativos para mantener la humedad en el ambiente, de iniciar la etapa en bolsa durante la estación de verano, bajo las condiciones efectuadas en la presente investigación.
- Se recomienda aumentar la proporción de arena en la mezcla del sustrato de tal forma que permita una mayor aireación e infiltración del agua, e implementar el uso de máquinas desionizadoras/desmineralizadoras de agua de riego con la finalidad de eliminar el contenido de sales.
- Se recomienda establecer experimentos, sobre el método de propagación vegetativa por chusquines, que involucren otros tratamientos tales como fertilización, sustratos, concentración de solución enraizante, entre otros, así como el establecimiento de un tratamiento testigo.
- Respecto al estado de conocimiento del género *Guadua*, se recomienda realizar estudios respecto al uso potencial de especies del género en mención, teniendo como referencia los conocimientos empíricos de la población local donde se encuentran estas poblaciones de bambú.
- Se recomienda continuar con el estudio de propagación vegetativa de bambúes nativos y presentes en el Perú.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Núñez, D.H. (2012). Evaluación de cuatro sustratos y dos fitohormonas en el prendimiento de estacas de caña guadúa (*Guadua angustifolia*) en el sitio el Mirador, cantón Echeandía, provincia Bolívar (Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar). Recuperado de <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/952>
- Arancibia Alfaro, A.V. (2017). Propagación vegetativa de dos especies de Bambú en la selva nor oriental (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3496>
- Arango Arango, A.M. & Camargo, J.C. (2010). Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+. Recursos Naturales y Ambiente, 61: 77-85. Recuperado de http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8445/Bosques_de_gadua_del_eje_cafetero.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araujo Espinoza, D.L. (2015). Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper* (Schult. Schult. f.) Backer ex K. Heyne y *Guadua angustifolia* Kunth establecidas en campo definitivo, Tulumayo-Tingo María (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/632>
- Bamboo Phylogeny Group. (2012). An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society, 24(1): 1-10. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/8e94/7be1369c845ce30bae522b9b933b5fb3ed7a.pdf#page=3>
- Banik, R.L. (1995). A manual for vegetative propagation of bamboos. Recuperado de https://www.plantgrower.org/uploads/6/5/5/4/65545169/bamboo_propagation.pdf
- Bonilla, F.E.; Espinosa, J.C.; Sánchez de Prager, M. (1998). Inoculación y evaluación de hongos endomicorrizicos en *Guadua angustifolia* Kunth en etapa de vivero. Acta Agronómica, 48(1-2): 71-76. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48039

- Botero Cortés, L.F. (2003). Reproducción de la *Guadua angustifolia* por el método de chusquines. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://www.inbar.int/sites/default/files/chusquines.pdf>
- Bouchenak-Khelladi, Y.; Verboom, G.A.; Savolainen, V.; Hodkinson, T.R. (2010). Biogeography of the grasses (Poaceae): a phylogenetic approach to reveal evolutionary history in geographical space and geological time. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 162: 543-557. Recuperado de <https://academic.oup.com/botlinnean/article/162/4/543/2418503>
- Bremer, K. (2002). Gondwanan evolution of the grass alliance of families (Poales). *Evolution*, 56(7): 1374–1387. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0014-3820.2002.tb01451.x>
- Bystriakova, N.; Kapos, V.; Stapleton, C.; Lysenko, I. (2003a). Bamboo Biodiversity: Information for planning conservation and management in the Asia-Pacific region. Recuperado de <https://www.unenvironment.org/resources/report/bamboo-biodiversity-information-planning-conservation-and-management-asia-pacific>
- Bystriakova, N.; Kapos, V.; Lysenko, I.; Stapleton, C. (2003b). Distribution and conservation status of forest bamboo biodiversity in the Asia-Pacific Region. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024139813651>
- Bystriakova, N.; Kapos, V. & Lysenko, I. (2004). Bamboo biodiversity: Africa, Madagascar and the Americas. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/d905/78586950f574d1a24cc7e9e8d26d1cd4e86e.pdf>
- Calderón, C.E. & Soderstrom, T.R. (1980). The Genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American Continent: Keys and Comments. Washington, USA. Recuperado de <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/6947/scb-0044.pdf>
- Canchan Salvador, R.E. (2017). Identificación y propagación de *Guadua sp.* con fitoreguladores, Pichanaqui–Perú (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3993>
- Castaño, F. & Moreno, R.D. (2004). *Guadua para todos: Cultivo y aprovechamiento*. Bogotá, Colombia.

- Clark, L.G. (1990). Diversity and biogeography of neotropical bamboos (Poaceae: Bambusoideae). *Acta Botanica Brasilica*, 4(1): 125-132. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/abb/v4n1/v4n1a09.pdf>
- Clark, L.G. (2001). Diversification and endemism in Andean woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae). *Bamboo Science and Culture: Journal of the American Bamboo Society*, 15(1): 14-19. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.195.8496&rep=rep1&type=pdf#page=16>
- Clark, L.G.; Londoño, X. & Ruiz-Sanchez, E. (2015). Bamboo taxonomy and habitat. En W. Liese & M. Köhl (Eds.), *Bamboo: The Plant and its Uses* (p. 1-30). Springer.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. (2002). *Manual de Viveros Forestales*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6701/1/012.pdf>
- Cruz Rios, H. (1995). Propagation of *Guadua angustifolia*. En I.V. Ramanuja Rao & C.B. Sastry (Eds.), *Proceedings of the Vth International Bamboo Workshop and the IV International Bamboo Congress*. Bali, Indonesia. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1026.6488&rep=rep1&type=pdf#page=42>
- De Carvalho, A.L.; Nelson, B.W.; Bianchini, M.C.; Plagnol, D.; Kuplich, T.M.; Daly, D.C. (2013). Bamboo-dominated forests of the southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. *PLOS ONE*, 8(1): 1-13. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054852>
- Dransfield, S. & Widjaja, E.A. (Eds). (1995). *Plant Resources of South-East Asia No. 7: Bamboos*. Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers. Recuperado de <http://edepot.wur.nl/411162>
- Dumroese, R.K.; Landis, T.D. & Wilkinson, K.M. (2012). Riego y fertirriego. En Buamscha, M.G.; Contardi, L.T.; Dumroese, R.K.; Enricci, J.A.; Escobar, R.; Gonda, H.E.; Jacobs, D.F.; Landis, T.D.; Luna, T.; Mexal, J.G.; Wilkinson, K.M., *Producción de plantas en viveros forestales* (p. 115-125). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf

- Dwivedi, A.P. (1990). Gregarious Flowering of *Dendrocalamus strictus* in Shahdol (Madhya Pradesh) - Some Management Considerations. En R.I. Ramanuja Rao, R. Gnanaharan, C.B. Sastry (Eds.), Bamboos Current Research: Proceedings of the International Bamboo Workshop held in Cochin, India from 14-18 November 1988 (p. 87-91). Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/3186/49744.pdf?sequence=3#page=105>
- Forero, L.M.; Cabrera, L.E. & Delgado, C.A. (2005). Evaluación de adaptabilidad de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en las veredas Caldera Bajo y San Antonio municipio de Pasto-Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 22(1): 12-29. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6191421>
- Gallardo, J.; Freire, M.; León, M.; García, Y.; Pérez, S.; González, M.; León, J. (2008). Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación. Cultivos tropicales, 29(1): 17-22. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v29n1/ctr030108.pdf>
- García Soria, D. & Del Castillo, D. (2013). Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de Bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa Bufo Pozo, Ucayali, Perú. Folia Amazónica, 22(1-2): 105-113. Recuperado de <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/53>
- Grass Phylogeny Working Group. (2001). Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden, 373-457. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/3298585?seq=1#page_scan_tab_contents
- Hartmann, H.T. & Kester, D.E. (1995). Propagación de plantas: Principios y prácticas. México D.F.: Compañía Editorial, S.A.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). Mapa ecológico del Perú: Guía Explicativa. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1996). Guía Explicativa del Mapa Forestal 1995. Lima, Perú. 144 p. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/Guia-explicativa-1995.pdf>
- Jimenez Peris, F. (1994). Viveros Forestales para la Producción de planta a pie de repoblación.

- Judziewicz, E.J. & Clark, L.G. (2007). Classification and biogeography of new world grasses: Anomochlooideae, Pharoideae, Ehrhartoideae, and Bambusoideae. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 23(1): 303-314. Recuperado de <https://scholarship.claremont.edu/aliso/vol23/iss1/25/>
- Kellogg, E.A. (2001). Evolutionary history of the grasses. *Plant physiology*, 125(3): 1198-1205. Recuperado de <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/125/3/1198.full.pdf>
- Landis, T.D.; Tinus, R.; McDonald, S.; Barnett, J. (1999). Seedling Propagation. En T.D. Landis, *The Container Tree Nursery Manual*. Washington, USA.
- Landis, T.D.; Dumroese, R.K. & Haase, D.L. (2010). Seedling Processing, Storage, and Outplanting. En T.D. Landis, *The Container Tree Nursery Manual*. Washington, USA. Recuperado de https://www.fs.fed.us/rm/pubs_series/wo/wo_ah674_7.pdf
- Lárraga-Sánchez, N.; Gutiérrez-Rangel, N.; López-Sánchez, H.; Pedraza-Santos, M.E.; Santos-Pérez, G.; Santos-Pérez, U.I.; Vargas-Hernández, J. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. *Ra Ximhai*, 7(2): 205-218. Recuperado de <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-20articulosPDF/05-Propagacion vegetativa de tres especies de bambu Noe Larraga-Benito.pdf>
- Ledesma Martínez, Y.R. (2017). Ensayo de adaptabilidad de seis variedades de la especie Bambu Guadua - etapa vivero - en bosque húmedo premontano, cuenca hidrográfica Rio Guarapas, predio Marengo Municipio Pitalito Huila (Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13453>
- Lobovikov, M.; Paudel, S.; Piazza, M.; Ren, H.; Wu, J. (2007). World bamboo resources: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma, Italia.
- Londoño, X. (1990). Aspectos sobre la distribución y la ecología de los bambúes de Colombia (Poaceae: Bambusoideae). *Caldasia*, 16(77): 139-153. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/viewFile/35514/35903>
- Londoño, X. (1996). Diversity and distribution of new world bamboos, with special emphasis on the Bambuseae. New Delhi, India. Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/14214>

- Londoño, X. (2001). Evaluation of bamboo resources in Latin America. Summary of the final report of Project 96-8300-01-4. Beijing, China. Recuperado de <http://aprobambu.com.br/wp-content/uploads/2017/12/2001-Working-Paper-35-Evaluation-of-Bamboo-Resources-in-Latin-Ame%CC%81rica-.pdf>
- Londoño, X; Camayo, G.C.; Riaño, N.M.; López, Y. (2002). Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae Bambusoideae) culms. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society*, 16(1): 18-31. Recuperado de http://www.bamboo.org/publications/e107_files/downloads/ABSJournal-vol16.pdf#page=20
- Londoño, X. & Clark, L.G. (2004). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. En III Congreso Colombiano de Botánica, Popayán, 7 al 12 de noviembre de 2004.
- Londoño, X. (2010). Identificación taxonómica de los bambúes de la región noroccidental del Perú. Recuperado de http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INFORME%20TAXONOMIA%20BAMB%C3%9A.pdf
- Londoño, X. (2013). Dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 7(1): 145-153.
- Londoño, X. (2019). Correo electrónico. Sociedad Colombiana del Bambú. Colombia.
- Luduvico de Sousa, J.R. (2018). Propagação de bambu em viveiro em diferentes substratos, doses de hidrogel e variabilidade genética de uma coleção ex-situ (Tesis doctoral, Universidade de Brasília). Recuperado de <http://repositorio.unb.br/handle/10482/34007>
- Macias Tachong, F.J. (2005). Fertilización de *Guadua angustifolia* Kunth, durante su primera fase de desarrollo en el Recinto “Pice” de la parroquia “El Vergel”, cantón Valencia (Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo). Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2146>

- Mamani Mollo, J.R. (2018). Evaluación de la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Guadua angustifolia* Bicolor), con diferentes segmentos vegetativos, en la Estación Experimental de Sapecho, provincia Sud Yungas, departamento de La Paz (Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés). Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/20211>
- Márquez de Hernández, L. & Marín, D. (2011). Propagación y crecimiento de *Guadua amplexifolia* Presl., *G. angustifolia* Kunth y *Elytostachys typica* Mc Clure, en tres tipos de sustratos. *Bioagro*, 23(3): 191-198. Recuperado de <http://www.bioagrojournal.com/index.php/path/article/download/119/120>
- McClure, F.A. (1973). Genera of bamboos native to the New World (Gramineae: Bambusoideae). Washington, USA. Recuperado de <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/6989/scb-0009.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mercedes, J.R. (2006). Guía técnica cultivo del bambú. Santo Domingo, República Dominicana.
- Mexal, J.G. (2012). Calidad de plantines: Atributos morfológicos. En Buamscha, M.G.; Contardi, L.T.; Dumroese, R.K.; Enricci, J.A.; Escobar, R.; Gonda, H.E.; Jacobs, D.F.; Landis, T.D.; Luna, T.; Mexal, J.G.; Wilkinson, K.M., Producción de plantas en viveros forestales (p. 41-51). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf
- Mexal, J.G. (2012). Calidad de plantines: Atributos fisiológicos. En Buamscha, M.G.; Contardi, L.T.; Dumroese, R.K.; Enricci, J.A.; Escobar, R.; Gonda, H.E.; Jacobs, D.F.; Landis, T.D.; Luna, T.; Mexal, J.G.; Wilkinson, K.M., Producción de plantas en viveros forestales (p. 53-64). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf
- Móstiga Rodríguez, R.C.; Cano Rodríguez, B.G.; Quispe López, L.R.; Móstiga Rodríguez, M.J. (2019). Análisis morfológico y molecular de especies de bambú del género *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae) procedentes de las regiones San Martín y Cajamarca, Perú. *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, 3(1): 83-91. Recuperado de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/486/615>

- Móstiga Rodríguez, M.J. (2020). Propagación in vitro de germoplasma de *Guadua weberbaueri* Pilg. colectado en tres sitios de selva central (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4253>
- Muñoz Florez, J.E.; Londoño, X.; Rugeles, P.; Mauricio Posso, A.; Alirio Vallejo, F. (2010). Diversidad y estructura genética de *Guadua angustifolia* en la Ecorregión Cafetera colombiana. Recursos Naturales y Ambiente, 61: 45-52.
- Murillo, O.; Badilla, Y.; Villalobos, M.; Rojas, F. (2013). Optimización de la tecnología de propagación vegetativa in vivo y plantación de teca y pilón. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3243>
- Nelson, B.W. (1994). Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon. Remote Sensing Reviews, 10(1-3): 105-125. Recuperado de https://www.agci.org/sites/default/files/pdfs/lib/publications/EOC95S1_book.pdf#page=61
- Noboa Salazar, J.L. (2014). Evaluación de varios tipos de sustratos en la reproducción de plántulas de Caña guadua (*Guadua angustifolia*) en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo). Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/725>
- Núñez, N.; Calvache, M. & Briones, E. (2006). Estudio de la fertilización química en caña guadua (*Guadua angustifolia*) en vivero Pedro V. Maldonado – Pichincha. En X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (p. 1-12).
- Oliva, M.; Vacalla, F.; Pérez, D.; Tucto, A. (2014). Vivero Forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú. Chachapoyas, Perú. Recuperado de <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/348>
- Ortíz Pacheco, K.S. (2017). Caracterización y clave de identificación de los bambúes en la región nor-oriental (San Martín, Amazonas y Cajamarca) (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2987>

- Pereira da Fonseca, F.K. (2007). Produção de mudas de bambu *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) por propagação vegetativa (Tesis de maestría, Universidad Federal de Alagoas). Recuperado de <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/198>
- Piñuela, A.; Guerra, A. & Pérez-Sánchez, E. (2013). Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales. San Javier-Yaracuy, Venezuela.
- Ponciano Filho, V.V. (2017). Ambiência, secção da estaca e ácido indol-butírico na propagação por estaquia de *Guadua chacoensis* (Tesis de grado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Recuperado de <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7707>
- Quiroz Marchant, I.; García Rivas, E.; González Ortega, M.; Chung Guin-Po, P.; Soto Guevara, H. (2009). Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Concepción, Chile. Recuperado de <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17366>
- Quispe Janampa, D.P. (2009). Propagación de tres especies de bambú a través de esquejes con diferentes dosis de humus de lombriz, en la zona de Tingo María (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/707>
- Reátegui Echeverri, N. (2009). Caracterización y clave de identificación de bambúes en el ámbito Chanchamayo, departamento de Junín (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1665>
- Reyna Huamán, C.E. (2015). Sistema automatizado para el monitoreo y control de humedad en un invernadero (Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6214>
- Rojas Rodríguez, F. (2006). Viveros forestales (2° ed.). San José, Costa Rica.
- Ruiz Rodríguez, J.G. (2013). Generación de banco de propagación de bambú-guadua en zonas áridas de la costa peruana regado con distintos tipos de agua (Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya). Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19286/TFM_JuanGabrielRuiz.pdf

- Ruiz-Sanchez, E. (2011). Biogeography and divergence time estimates of woody bamboos: insights in the evolution of Neotropical bamboos. *Botanical Sciences*, 88, 67-75. Recuperado de <http://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/312>
- Ruiz-Sanchez, E. & Clark, L.G. (2014). Flora del Bajío y de regiones adyacentes Fascículo 186 Familia Gramineae Subfamilia Bambusoideae. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Ruiz-Sanchez, E.; Clark, L.G.; Londoño, X.; Mejía-Saulés, T.; Cortés, G. (2015). Morphological keys to the genera and species of bamboos (Poaceae: Bambusoideae) of Mexico. *Phytotaxa*, 236(1): 1-24. Recuperado de <https://www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.236.1.1>
- Sánchez Martínez, A.M. (2017). Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bambú), en el Vivero Bambunet del cantón Archidona, provincia de Napo (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7665>
- Sánchez Monsalvo, V.; Ordoñez Prado, C.; Tamarit Urias, J.C.; Hernández Zaragoza, P.; Alvarez Muñoz, M. (2016). Crecimiento de plantas de *Guadua aculeata* Rupr. ex Fournier en vivero. En J. Martínez Herrera, M.A. Ramírez Guillermo & J. Cámara-Córdova (Eds.), *Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria* (p. 234-238). Tabasco, México.
- Sanchún, A. & Obando, G. (2016). El papel de los viveros forestales en la restauración. En Sanchún, A.; Botero, R.; Morera Beita, A.; Obando, G.; Russo, R.O.; Scholz, C.; Spinola, M., *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas* (p. 343-409). San José, Costa Rica. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/ST-GFE-no.03.pdf>
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). (27 de abril de 2020). Registro de Plantaciones de Bambú. Recuperado de <http://appweb.serfor.gob.pe/bambu/default.aspx>

- Soreng, R.J.; Peterson, P.M.; Romaschenko, K.; Davidse, G.; Teisher, J.K.; Clark, L.G.; Barberá, P.; Gillespie, L.J.; Zuloaga, F.O. (2017). A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. *Journal of Systematics and Evolution*, 55: 259–290. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jse.12262>
- Soto Amado, W. (2011). Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer y *Guadua angustifolia* Kunth a través de esquejes del culmo aplicando dosis de ácido indol-3-butírico y ácido naftalacético (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/555>
- Tovar, O. (1993). Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Madrid, España.
- Trillo Mendoza, Y.A. (2014). Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. F.) Backer ex K. Heyne, *Bambusa vulgaris* schrad. Ex h. Wendl. Var. Vittata. Riviere & c. Riviere, *Guadua angustifolia* Kunth y *Guadua* aff. *angustifolia* Kunth en el fundo Bio selva–Satipo (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1911/Trillo%20Mendoza.pdf?sequence=1>
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 27 Abr 2020 <<http://www.tropicos.org>>
- Tyrrell, C.D. & Clark, L.G. (2013). Three new species of *Rhipidocladum* (Poaceae: Bambusoideae: Arthrostylidiinae) from South America. *Phytotaxa*, 98(2): 55-64. Recuperado de <https://www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/1283>
- Villagrán Munar, E.A. (2016). Diseño y evaluación climática de un invernadero para condiciones de clima intertropical de montaña (Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/52393/>
- Vorontsova, M.S.; Clark, L.G.; Dransfield, J.; Govaerts, R.; Baker, W.J. (2016). World Checklist of Bamboos and Rattans. INBAR Technical Report No. 37. 454 p.
- Young, S.M. & Judd, W.S. (1992). Systematics of the *Guadua angustifolia* complex (Poaceae: Bambusoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 737-769. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2399719>

- Zhang, W.P. (1996). Phylogeny and classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on molecular and morphological data (Tesis doctoral, Iowa State University). Recuperado de <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/11430/>
- Zhang, W.P. & Clark, L.G. (2000). Phylogeny and classification of the Bambusoideae (Poaceae). En S.W.L. Jacobs & J. Everett (Eds.), *Grasses: Systematics and Evolution* (p. 35-42).

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

GLOSARIO

Banco de propagación. – También conocido como cama de propagación, es el espacio del vivero destinado a la siembra y reproducción del material vegetativo y/o semillas.

Brote. – Eje subterráneo de la estructura del bambú que proviene y se desarrolla a partir del rizoma. Se caracteriza por su color blanco en sus primeros días de desarrollo; sin embargo, al madurar y tornarse verde, se le denomina hijuelo. También se le conoce como yema.

Chusquín. – Brote basal del rizoma. Estas estructuras aparecen luego de haber realizado una cosecha de cañas de bambú o de cualquier tipo de afectación en el individuo, constituyendo así un mecanismo de supervivencia.

Culmo. – Eje aéreo que surge del rizoma. Consta de segmentos denominados nudos, mientras que el espacio entre nudos se denomina entrenudo.

Deshije. – Segregación de hijuelos. Esta acción se realiza en el método de propagación por chusquines, al finalizar la etapa en banco de propagación.

Era de crecimiento. – También conocido como área o cama de espera, es el espacio del vivero que cuenta con condiciones normales de temperatura y humedad, el cual tiene por finalidad la aclimatación del material vegetativo previo a pasar a campo definitivo.

Hijuelo. – Eje individual de la mata de bambú, en su etapa juvenil.

Mata. – Conjunto de hijuelos (etapa juvenil) o culmos (etapa adulta) que constituyen al bambú como un solo individuo.

Rizoma. – Porción subterránea de la estructura del bambú, el cual se encuentra segmentado. Tiene por objetivo el brindar soporte a la planta y absorber agua y nutrientes.

ANEXO 2

PRESENCIA DEL GÉNERO GUADUA EN AMÉRICA (CONTINUACIÓN)

	A	B	B	B	C	C	C	E	E	F	G	G	H	M	M	N	P	P	P	P	S	U	V
	R	E	O	R	A	O	R	C	S	G	U	U	O	E	Y	I	A	A	E	H	U	R	E
	G	L	L	A	R	L		U			A	Y	N	X	A	C	N	R	R	I	R	U	N
<i>Guadua distorta</i> (Nees) Rupr.				X																			
<i>Guadua fascicularis</i> Döll											X												X
<i>Guadua flabellata</i> E. Fourn.														X									
<i>Guadua glomerata</i> Munro			X	X		X		X	X		X							X					X
<i>Guadua incana</i> Londoño						X																	
<i>Guadua inermis</i> Rupr. ex E. Fourn.														X									
<i>Guadua intermedia</i> Rupr. ex E. Fourn.														X									
<i>Guadua latifolia</i> (Bonpl.) Kunth				X	X					X	X			X							X		X
<i>Guadua longifolia</i> (E. Fourn.) R.W. Pohl		X									X		X	X		X							
<i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño																			X				
<i>Guadua macclurei</i> R.W. Pohl & Davidse								X					X			X	X						

ANEXO 2

PRESENCIA DEL GÉNERO GUADUA EN AMÉRICA (CONTINUACIÓN)

	A	B	B	B	C	C	C	E	E	F	G	G	H	M	M	N	P	P	P	P	S	U	V	
	R	E	O	R	A	O	R	C	S	G	U	U	O	E	Y	I	A	A	E	H	U	R	E	
	G	L	L	A	R	L		U			A	Y	N	X	A	C	N	R	R	I	R	U	N	
<i>Guadua polyclados</i> Döll																							X	
<i>Guadua refracta</i> Munro			X	X										X										
<i>Guadua sarcocarpa</i> Londoño & P.M. Peterson			X	X															X					
<i>Guadua spinosa</i> (Swallen) McClure		X									X			X										
<i>Guadua spinosissima</i> (Hack.) E.G. Camus				X																				
<i>Guadua superba</i> Huber			X	X		X		X	X		X								X		X			
<i>Guadua tagoara</i> (Nees) Kunth	X			X						X														
<i>Guadua takahashiae</i> Londoño																				X				
<i>Guadua tessmannii</i> Pilg.																				X				
<i>Guadua trinii</i> (Nees) Nees ex Rupr.	X		X	X												X		X					X	

ANEXO 2

PRESENCIA DEL GÉNERO GUADUA EN AMÉRICA (CONTINUACIÓN)

	A	B	B	B	C	C	C	E	E	F	G	G	H	M	M	N	P	P	P	P	S	U	V
	R	E	O	R	A	O	R	C	S	G	U	U	O	E	Y	I	A	A	E	H	U	R	E
	G	L	L	A	R	L		U			A	Y	N	X	A	C	N	R	R	I	R	U	N
<i>Guadua tuxtlensis</i> Londoño & Ruiz-Sanchez																							X
<i>Guadua uncinata</i> Londoño & L.G. Clark						X		X															
<i>Guadua variegata</i> Lizarazu	X																						
<i>Guadua velutina</i> Londoño & L.G. Clark				X										X									
<i>Guadua venezuelae</i> Munro																							X
<i>Guadua virgata</i> (Trin.) Rupr.				X																			
<i>Guadua weberbaueri</i> Pilg.			X	X		X		X			X							X					X

ARG: Argentina, BEL: Belice, BOL: Bolivia, BRA: Brasil, CAR: Caribe, COL: Colombia, CR: Costa Rica, ECU: Ecuador, ES: El Salvador, FG: Guayana Francesa, GUA: Guatemala, GUY: Guyana, HON: Honduras, MEX: México, MYA: Myanmar, NIC: Nicaragua, PAN: Panamá, PAR: Paraguay, PER: Perú, PHI: Filipinas, SUR: Surinam, URU: Uruguay, VEN: Venezuela.

ANEXO 3

FICHA TÉCNICA – RAZORMIN



FICHA TÉCNICA RAZORMIN

1. DESCRIPCIÓN

RAZORMIN es un bioestimulante líquido formulado a partir de aminoácidos, polisacáridos, macro y micronutrientes, que conjuntamente con una mezcla de factores de crecimiento, producen un espectacular desarrollo tanto radicular como de la parte aérea de las plantas y una mejor producción.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Aspecto: líquido.

Color: marrón.

Densidad: 1,24 gr/cc.

3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Aminoácidos libres	7 % p/p
Nitrógeno (N) total	4 % p/p
Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅) soluble en agua	4 % p/p
Oxido de potasio (K ₂ O) soluble en agua	3 % p/p
Polisacáridos	3 % p/p
Hierro (Fe) soluble en agua	0,4 % p/p
Manganeso (Mn) soluble en agua	0,1 % p/p
Boro (B) soluble en agua	0,1 % p/p
Zinc (Zn) soluble en agua	0,085 % p/p
Cobre (Cu) soluble en agua	0,02 % p/p
Molibdeno (Mo) soluble en agua	0,01 % p/p

pH: 4 – 4,5

4. FORMATOS COMERCIALES

0,25 Lt 0,5 Lt 1 Lt 5 Lt 25 Lt

5. CULTIVOS Y DOSIS

APLICACIÓN AL SUELO:

Frutales y leñosos: 2 - 4 Lt/Ha.

Hortícolas y ornamentales: 2 Lt/Ha.

Semilleros y viveros: 1 Lt/Ha.

APLICACIÓN FOLIAR:

Frutales y leñosos: 2 Lt/Ha.

Hortícolas y ornamentales: 200 – 300 cc/100 Lt de agua.

Semilleros y viveros: 50 – 100 cc/100 Lt de agua.

ANEXO 3

FICHA TÉCNICA – RAZORMIN (CONTINUACIÓN)



CULTIVOS HIDROPÓNICOS:

1 Lt/Ha.

6. COMPATIBILIDADES

No mezclar con aceites, cobres, ni azufres. En caso de mezcla puede potenciar la acción de los agroquímicos pudiendo producir fitotoxicidad.



ANEXO 4

COMUNICACIÓN PERSONAL CON XIMENA LONDOÑO – IDENTIFICACIÓN DE ESPECIE EN ESTUDIO

21/1/2020

Correo de Universidad Nacional Agraria La Molina - Indetificación especie vivero



Maricel Móstiga Rodríguez <mmostiga@lamolina.edu.pe>

Indetificación especie vivero

Ximena Londoño <ximelondo@gmail.com>

17 de septiembre de 2019, 1:00

Responder a: ximelondo@gmail.com

Para: mmostiga@lamolina.edu.pe, francisco Castaño <fundaguadua@gmail.com>

Estimados Maricel y Francisco,

Siento mucho no haber atendido antes su solicitud pero he estado sumamente ocupada y agobiada de trabajo.

Con base en las pocas fotos que me envían del documento que adjunto voy a tratar de hacer una clasificación. La verdad es que no envían buenas fotos de las hojas caulinares las cuales son muy importantes para la identificación taxonómica de las guaduas.

Esta especie se puede identificar como *Guadua* aff. *angustifolia* Kunth. Tiene características similares. Ya observaron la flor?. Yo encontré una en flor cuando fui a Moyobamba. Las variaciones que se dan son por que hay variaciones de tipo ambiental, como son latitud, rangos de temperatura, brillo solar, etc. Tendría que estudiar la flor para definir mejor la identidad.

De nuevo pido excusas a los amigos peruanos por no haber podido atender antes este mensaje. Pachito me estuvo llamando y presionando pero he tenido demasiada carga laboral y emocional.

Cordial saludo,

Ximena Londoño

-



Ximena Londoño

El Paraíso del Bambú y la Guadua

www.bambuturismo.com

(+57) 3174231906

 Identificación de una especie del género *Guadua* (2).pdf
1100K

ANEXO 5

CONSTANCIA DE DEPÓSITO DE MUESTRAS BOTÁNICAS EN HERBARIO MOL



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
LABORATORIO DE DENDROLOGÍA Y HERBARIO



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

CONSTANCIA

N°047-2019-HF-UNALM

EL DIRECTOR DEL LABORATORIO DE DENDROLOGIA Y HERBARIO FORESTAL
(MOL).

Da Constancia:

Que esta institución ha recibido del Bachiller **Bruno Germán Cano Rodríguez**, 04 muestras botánicas (Según lista adjunta) en calidad de depósito.

Bruno Germán Cano Rodríguez, identificado con DNI: 71755813, tesista informa que los especímenes provienen del departamento de San Martín, Provincia de Moyobamba, producto del trabajo de Investigación del Proyecto "Círculo de Investigación en la cadena de valor del Bambú para el desarrollo sustentable, Científico y Tecnológico", y que corresponde a la siguiente autorización:

- RD-133-2017-SERFOR/DGGSPFFS

Se expide el presente documento a solicitud de los interesados para los fines que hubiere lugar.

Lima, 27 de setiembre del 2019

Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.
Profesor Principal, Dpto. Manejo Forestal
Director del Laboratorio de Dendrología
y Herbario Forestal de la Facultad
de Ciencias Forestales (MOL).

ANEXO 5

CONSTANCIA DE DEPÓSITO DE MUESTRAS BOTÁNICAS EN HERBARIO MOL (CONTINUACIÓN)

CONSTANCIA
N° 047 - 2019 - HF-UNALM

N°	Familia	N° Colecta	Especies	Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestras Deposítadas Parte de una	Autorización
1	POACEAE	GYQ-001	<i>Guadua</i> aff. <i>angustifolia</i>	San Martín	Moyobamba	Moyobamba	Moyobamba	muestra (Culmos)	RD-133-2017-SERFOR/DGGSPFFS
2	POACEAE	GYQ-002	<i>Guadua</i> aff. <i>angustifolia</i>	San Martín	Moyobamba	Moyobamba	Moyobamba	muestra (Culmos)	RD-133-2017-SERFOR/DGGSPFFS
3	POACEAE	GYQ-005	<i>Guadua</i> aff. <i>angustifolia</i>	San Martín	Moyobamba	Yantalo	Yantalo	Parte de una muestra (Hoja Caulinar)	RD-133-2017-SERFOR/DGGSPFFS
4	POACEAE	GYQ-009	<i>Guadua</i> aff. <i>angustifolia</i>	San Martín	Moyobamba	Yantalo	Yantalo	Parte de una muestra (Rizoma)	RD-133-2017-SERFOR/DGGSPFFS

*Información proporcionada por el solicitante.

