

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“PROPAGACIÓN CLONAL DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia*  
Kunth) CON DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO  
EN CÁMARA DE INVERNADERO, TINGO MARÍA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**RAMIRO RAMÍREZ RÍOS**

**TINGO MARIA – PERU**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL**



**“PROPAGACIÓN CLONAL DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia*  
Kunth) CON DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO  
EN CÁMARA DE INVERNADERO, TINGO MARÍA”**

<b>Autor</b>	: RAMÍREZ RÍOS, Ramiro
<b>Asesores</b>	: Dr. POCOMUCHA POMA, Vicente : Ing. GUTIÉRREZ COLLAO, Jairo
<b>Programa de Investigación</b>	: Ciencias básicas (química – física – anatomía forestal – biotecnología)
<b>Línea (s) de Investigación</b>	: Biotecnología forestal
<b>Eje Temático de Investigación</b>	: Mejoramiento genético forestal
<b>Lugar de Ejecución</b>	: Vivero forestal de la UNAS
<b>Duración: Fecha de Inicio</b>	: 06- 07- 2018
<b>Término</b>	: 31- 01- 2019
<b>Financiamiento</b>	: Propio: Si

DEDICATORIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de Abril de 2019, a horas 16:00 p.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

### **“PROPAGACIÓN CLONAL DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia* Kunth) CON DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO EN CÁMARA DE INVERNADERO, TINGO MARÍA**

Presentado por el Bachiller: **RAMIRO RAMIREZ RIOS**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 14 de Mayo de 2019.

Ing. MSc. **RICARDO OCHOA CUYA**  
PRESIDENTE

Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**  
MIEMBRO

Ing. **DAVID P. QUISPE JANAMPA**  
MIEMBRO

Ph. D. **VICENTE S. POCOMUCHA POMA**  
ASESOR



## DEDICATORIA

A Dios, por la satisfacción y el éxito de esta investigación, por regalarme salud y bienestar en mi vida, por no dejarme solo en los momentos que más necesitaba y por regalarme el don de la sabiduría para enfrentar los retos y obstáculos que se me presentaron o que se me presenten.

A mis padres Gorqui Ramírez y Suisa Ríos, que siempre y serán mi motor y motivo en todo en mi vida, a mis hermanos: Zulema, Marisol, Clara, Luis apoyándome incondicionalmente en los momentos más felices y difíciles de mi vida, llenándome siempre de valores y virtudes para afrontar la vida y seguir adelante, por tener fe y creer en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por toda la contribución científica, cultural y social que me brindaron.

Al Dr. Vicente Pocomucha y al Ing. Jairo Gutiérrez, como asesores en la investigación, por sus sabias contribuciones, dedicación constante, esmero en la ejecución de la investigación y por su confianza puesta en mi persona.

Al Sr. Carlos Cárdenas, encargado del Vivero Forestal, por su gran apoyo en el desarrollo de la investigación, por brindarme todo el soporte técnico y científico para el cumplimiento de los objetivos de la tesis.

Al Dr. Manuel Sandoval, Ing. Demetrio Moya, por otorgarme su tiempo y soporte científico en cada fase de esta investigación.

A mis amigos Javier Valles, Rosa Ríos, Paul Rojas por su amistad incondicional, por sus consejos asertivos y por ayudarme en la elaboración y cumplimiento de metas en la investigación.

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Bases fisiológicas vegetativa .....	3
2.1.1. Meristemo de brote .....	3
2.1.2. Desarrollo de las hojas .....	4
2.1.3. La fotosíntesis.....	5
2.2. Bases fisiológicas de la propagación vegetativa .....	6
2.3. Propagacion de esquejes.....	7
2.3.1.Tipo de esqueje.....	9
2.4. Factores abióticos en propagación de esquejes .....	10
2.4.1. Efecto de la luz.....	10
2.4.2. Efecto de la temperatura ambiental.....	11
2.4.3. Efecto del medio de propagación.....	11
2.4.4. Efecto de la humedad relativa.....	13
2.4.5. Efecto de la Intensidad lumínica.....	14
2.4.6. Efecto de reguladores de crecimiento.....	14
2.5. Sustancias promotoras de propagación.....	16

2.6.		
	Auxinas.....	17
	2.6.1. Ácido indolbutírico.....	17
	2.6.2. Fitohormonas vegetales.....	18
2.7.	Descripción general del bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	19
	2.7.1. Descripción botánica.....	21
	2.7.2. Distribución geográfica de la especie.....	22
	2.7.4. Vías de propagación.....	23
2.8.		
	Invernadero.....	25
2.9.		
	Antecedentes.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1.	Lugar de ejecución.....	30
3.2.		
	Materiales.....	31
	3.2.1. Material vegetal.....	31
	3.2.2. Materiales y equipos.....	31
	3.2.3. Insumos.....	31
3.3.		
	Metodología.....	32

3.3.1. Fase de gabinete (factores y niveles en estudio).....	32
3.3.2. Tratamientos en estudio.....	32
3.3.3. Unidad experimental.....	33
3.3.4. Análisis de variancia.....	34
3.3.5. Fase de instalación.....	34
3.3.8. Fase de evaluación.....	36
IV. RESULTADOS.....	38
4.1. Número de brotes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	38
4.2. Longitud de los brotes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	43
4.3. Número de hojas por esqueje de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	52
4.4. Supervivencia de brotes de yemas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	60
V. DISCUSIÓN.....	68
5.1. Número de brotes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	68
5.2. Longitud de los brotes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	69
5.3. Número de hojas por esqueje de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	70



5.4. Sobrevivencia de brotes de yemas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas.....	71
VI. CONCLUSIONES .....	73
VII. RECOMENDACIONES.....	74
VIII. ABSTRACT.....	75
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXO .....	89

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Descripción de los tratamientos en estudio, utilizando el diseño completo al azar .....	33
2. Análisis de varianza (ANVA) de la investigación. ....	34
3. Análisis de varianza del número de brotes en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a 90 días de propagación.....	38
4. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el número de brotes, a los 90 días. ....	39
5. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor dosis de AIB sobre el número de brotes a los 90 días. ....	39
6. Prueba Tukey de los tratamientos sobre el número de brotes en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth). ....	40

7. Evaluación del número de brotes promedio, según el período de evaluación (días) .....	41
8. Comportamiento del número de brotes promedio por tratamiento de esquejes a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.....	43
9. Análisis de varianza de la longitud de brote en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a 90 días de propagación.....	44
10. Análisis de los efectos simples entre el tipo de esqueje y dosis de AIB (A x B) para la longitud de brotes a 90 días de propagación. ....	45
11. Longitud de brote en esquejes a 90 días, con respecto al efecto simple del factor A (tipo de esqueje) en el factor B (dosis de AIB). ....	46
12. Longitud de brote a 90 días de la propagación, con el efecto simple del factor B (dosis de AIB) en el factor A (tipo de esqueje).....	47
13. Evolución de la longitud promedio de brotes, según el período de evaluación de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> kunth).....	49
14. Comportamiento de la longitud de brote por tratamiento de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación. ....	51
15. Análisis de varianza del número de hojas de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a 90 días de propagación.....	52
16. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el número de hojas en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 90 días de propagación. ....	53

17. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor dosis de AIB sobre el número de hojas en esquejes de bambú .....	54
18. Prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de los tratamientos sobre el número de hojas en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth). .....	55
19. Evolución del número promedio de hojas de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación, según el período de evaluación. ....	57
20. Comportamiento del número promedio de hojas, por tratamiento de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.....	59
21. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia de yemas de brotes (%) de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a 90 días de propagación. ....	60
22. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%) de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 90 días de propagación. ....	61
23. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el efecto del factor dosis de AIB sobre el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%) a 90 días.....	62
24. Prueba Tukey de los tratamientos sobre la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	63
25. Evolución del porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio (%), según el período de evaluación (días). ....	65

26. Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio (%) por tratamiento de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth, a los 30, 60 y 90 días después de la propagación. ....	67
27. Datos generales de la variable de porcentaje de sobrevivencia de brotes por tratamiento y periodo de evaluación. ....	90
28. Datos generales de la variable de longitud del brote mayor por tratamiento y periodo de evaluación. ....	91
29. Datos generales de la variable de Número de brotes por tratamiento y periodo de evaluación. ....	92
30. Datos generales de la variable de Número de hojas por tratamiento y periodo de evaluación. ....	93
31. datos de temperatura y humedad registrados con el termohidrometro	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño y distribución de los tratamientos en la siembra.....	36
2. Variación del número de brotes en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.....	42
3. Variación del número de brotes en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.....	42
4. Efecto de la interacción de los tipo de esqueje (A) en el nivel de dosis de AIB (B), con respecto a la longitud de brote en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) a 90 días de la propagación. ....	46
5. Efecto de la interacción de dosis de AIB (B) en las tipo de esqueje (A), con respecto a la longitud de brote en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) a 90 días de la propagación. ....	48
6. Variación de la longitud de brotes en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.....	50
7. Variación de la longitud de brote en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.....	50
8. Efecto principal del número de hojas, entre las tipo de esqueje y los dosis de AIB en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	54

9. Efectos principales del número de hojas por tratamientos en la propagación de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 90 días de propagación.....	56
10. Variación del número promedio de hojas en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.....	58
11. Variación del número promedio de hojas en esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.....	58
12. Efecto principal del porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%), entre las tipo de esqueje y los dosis de AIB en bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> ).....	62
13. Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio por tratamientos en la propagación de bambú <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), a los 90 días de propagación.....	64
14. Variación de la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.....	66
15. Variación de la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.....	66
16. Extracción y selección de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	96
17. Limpieza y preparación de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i>	

Kunth).....	96
18. Construcción del invernadero de la investigación.....	97
19. Siembra de los esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	97
20. Fase de instalación de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) culminada.....	98
21. Forma de siembra de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth)....	98
22. Aparición de brotes de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth)...	99
23. Aparición de hojas en brotes de esquejes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) .....	99
24. Primeras evaluaciones de longitud de brotes .....	100
25. Segunda evaluación de brotes de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	100
26. Evaluación de hojas de bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	101
27. Fase de evaluación e investigación culminada.....	101

## RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto del ácido indolbutírico (AIB) en brotes de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* kunth) en condiciones de invernadero, Tingo María. La ejecución se llevó en el vivero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). La metodología fue un diseño completo al azar (DCA) 3A x 3B, en combinación de a) Tipo de esqueje y b) Dosis de ácido indolbutírico (AIB). Con nueve tratamientos, cinco repeticiones; la combinación (base, medio y ápice) y (0.0 mg/L, 1.0 mg/L y 2.0 mg/L), evaluados en 90 días. Los resultados indican que, al evaluar número de brotes con el tipo de rama basal se obtuvo 1.22 brote, con la dosis 1.0 mg/L se obtuvo 1.91 brotes, al evaluar longitud de brotes con el tipo de esqueje rama medio y con la dosis 2.0 mg/L se obtuvo 19.18 cm, al evaluar el número de hojas con el tipo de esqueje rama medio se obtuvo 6.62 hojas, con la dosis 1.0 mg/L se obtuvo 5.86 hojas, al determinar la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú el tipo de esqueje rama basal obtuvo 66.67% de sobrevivencia de yemas de bambú, en cuanto a la dosis con 2.0mg/L se obtuvo 75.56% de sobrevivencia de yemas de bambú. Se concluye que los tipos de ramas medio y basal obtuvieron mejores resultados, aplicando 1.0 mg/L y 2.0 mg/L de dosis de ácido indolbutírico, que influyen en el desarrollo de la propagación vegetativa en condiciones de cámara de invernadero.



## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la destrucción masiva de los bosques naturales de la amazonía, ha disminuido la producción de productos forestales para satisfacer la demanda creciente. Esto despertó el interés por proteger los bosques permanentes y aumentar la producción forestal.

Esto ha despertado el interés por proteger los bosques permanentes y aumentar la producción forestal. Una alternativa para satisfacer las demandas del mercado y contribuir con la reducción de la tasa de deforestación es el establecimiento de plantaciones; sin embargo uno de los mayores obstáculos de superar para la masificación de plantaciones, entre ellos la especie bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), viene siendo la escasez de semilla debido al tiempo fenológico de floración.

Con la propagación vegetativa se contribuiría a tener una mejor variabilidad genética de las plantaciones, obteniendo así productos más uniformes de mejor calidad a bajos costos. Para ello se plantea ¿Cuál será el efecto del ácido indolbutírico (AIB) en propagación en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) en condiciones de invernadero, Tingo María?; se propone como hipótesis: El efecto del ácido indolbutírico (AIB) en propagación de bambú será establecido por los mejores resultados en número y longitud de brotes, número de hojas y sobrevivencia.

**Objetivo general:**

- Determinar el efecto del ácido indolbutírico (AIB) en brotes en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) en condiciones de invernadero, Tingo María.

**Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto del tipo esqueje y dosis del ácido indolbutírico (AIB), en el número de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).
- Evaluar el efecto del tipo esqueje y dosis del ácido indolbutírico (AIB), en la longitud de los brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).
- Evaluar el efecto del tipo esqueje y dosis del ácido indolbutírico (AIB), en el número de hojas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).
- Determinar la sobrevivencia de brotes de yema de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Bases fisiológicas vegetativa**

#### **2.1.1. Meristemo de brote**

Situado en el ápice de las plantas es un tipo de meristemo ubicado en la zona de división y expansión celular dando origen a todos los tallos o ejes secundarios hojas y flores, en tallos con flores los meristemos vegetativo se convierten en meristemas florales que dan origen a flores, en un tallo lateral cuando existe una influencia inhibidora en el caso de que la punta principal del tallo sea removida, este proceso se da como resultado del transporte de auxina desde el ápice del tallo entre otros factores (MALDONADO, 1996). El crecimiento de las plantas está determinado por la actividad de células meristemáticas que están en constante crecimiento, que se encuentran en los ápices de tallos y raíces, son los meristemas apicales y en los meristemas laterales formados por: el cambium vascular y el cambium del corcho o felógeno (MEDINA, 2005).

El crecimiento ocurre cuando se forman nuevas células y tejidos mediante división celular. La división celular ocurre en células meristemáticas y consiste en dos fases: la mitosis en la que se replican los cromosomas y se disponen en dos núcleos hijos que son cualitativa y cuantitativamente idénticos y la citocinesis, en la que se divide la pared celular, el citoplasma y los organelos (MALDONADO, 1996).

Los tejidos de los tallos más susceptibles a formar primordios radicales son: epidermis, parénquima cortical, parénquima radial, cambium vascular y parénquima floemático (BOTTEI, 1999).

Las hormonas vegetales, auxina y citoquinina participan en el ciclo celular, la auxina estimula la replicación del ADN, mientras que la citocinina inicia los eventos de la mitosis (WEAVER, 1976).

### **2.1.2. Desarrollo de las hojas**

Las hojas se desarrollan en los meristemas apicales de tallos, el desarrollo de las hojas está ligado inicialmente a la aparición de los primordios foliares en el ápice, luego depende de factores ambientales, cada primordio comienza en la periferia del meristema de la parte apical, por la ocurrencia de numerosas mitosis en una porción bien localizada en las dos a tres capas celulares más externas (LAMBERS, 2005). Esta actividad mitótica hace salir a la superficie inmediatamente por debajo del promeristema, una protuberancia, una masa homogénea de células meristematicas el primordio foliar (AGUEDA, 1998).

La relación entre los primordios foliares y el meristemo apical varían mucho en relación a la especie y región, el primordio se alarga por la formación de nuevas células, pronto comienza a diferenciarse de una futura vena, se diferencia un haz de procambium en el seno de las células meristematicas, también las condiciones del ambiente ejercen una fuerte acción modeladora sobre la estructura anatómica de este órgano. (BRAUDEAU, 1981).

### **2.1.3. La fotosíntesis**

La fotosíntesis es un proceso de anabolismo autótrofo, constituye no sólo la forma de nutrición del reino vegetal sino por la base de la alimentación de todas las cadenas tróficas.

Consta de dos fases: una luminosa y otra oscura, en ellas se produce la transformación no sólo de materia inorgánica en orgánica, sino también de energía luminosa en energía química de enlace, para que se lleve a cabo la fotosíntesis se necesitan los siguientes elementos: sol (energía solar), gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) que entrará por los estomas de las hojas, clorofila, agua y sales minerales absorbidas por las raíces (LAMBERS, 2005).

Los azúcares, también dirigen el movimiento de la fotosíntesis hacia toda las plantas a medida que la planta crece más vigoroso y más auxinas son producidas en las hojas, su movimiento hacia las raíces se incrementan las auxinas causan dormancia en las yemas vegetales (AGUEDA, 1998).

#### **– Fase luminosa**

Es el proceso en donde se transforma la energía luminosa en química, que es usada por todos los seres vivos, los vegetales son el primer y único eslabón productor de la cadena trófica (MEDINA, 2005).

#### **– Fase oscura**

Es el proceso en la que ya no interviene la luz y las moléculas formadas en la fase luminosa ( $\text{ATP}$  y  $\text{NADPH}_2$ ) participan en la reducción del

bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), mediante una serie de reacciones “el ciclo de calvin” en donde se combina el  $\text{CO}_2$  con RDP (difosfato de ribulosa) para formar PGA (ácido fosfoglicérico) (HAVAUX, 1991).

## **2.2. Bases fisiológicas de la propagación vegetativa**

Las raíces adventicias suelen originarse a partir de células que se dividen en la proximidad del floema de los vasos conductores, los cuales forman un callo del que se diferencian luego las raíces, si se produce una herida en una planta herbácea, las células parenquimáticas próximas a la herida se homogenizan y vuelven a dividirse para formar un callo cicatricial, el cual corresponde a un conjunto de células parenquimáticas en varios estados de lignificación, más tarde empiezan a aparecer en algunas células del callo diferenciaciones que conducen a un nuevo tejido, se forman por ejemplo puntos vegetativos caulinares o radicales y se establece la unión con los elementos conductores (STRASBURGER, 1994).

Una buena iniciación del desarrollo radical adventicio depende de la presencia en los esquejes de cierto número de cofactores que en combinación con las auxinas permiten que los esquejes formen raíces (WEAVER, 1976). Un cofactor se puede definir como una sustancia natural con acción catalítica y reguladora del metabolismo, pero cuya acción no es suficiente por sí misma para determinar fenómenos de desarrollo, sino que actúan a manera de coenzimas degradadoras (MANSILLA, 2004).

Las auxinas se sintetizan en las hojas y meristemas apicales a partir del aminoácido triptófano y se mueven a través de células

parenquimáticas, desde su lugar de formación hacia los haces vasculares del tallo y a diferencia de lo que ocurre con los azúcares, iones y otros solutos que se transportan a través de los tubos cribosos del floema, este transporte célula a célula, se caracteriza por ser más lento un cm/hora en raíces y tallos, además es un transporte polar es decir siempre basipétalo en el tallo (hacia la base) y en las raíces también es un transporte polar, pero en sentido acropétalo hacia los ápices (STRASBURGER, 1994).

Para el crecimiento de raíces en general se requieren bajas concentraciones auxínicas (dependiendo de la especie y la edad de la planta), debido a que las células de los meristemas radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea suficientes para una elongación normal, no así para la formación de raíces adventicias en donde se requieren mayores concentraciones. Las auxinas cumplen un rol primordial en la elongación celular y este puede ser descrito en dos procesos: aumentan la plasticidad de la pared celular y participan en reacciones que permiten el depósito de celulosa dentro de las paredes. Además, las auxinas intervienen en el crecimiento del tallo, inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y de frutos, activación de las células del cambium y otras (SALISBURY y ROSS, 2000).

### **2.3. Propagacion de esquejes**

Se define como la multiplicación de una planta a partir de una células un tejido, un órgano (raíces tallos, ramas, hojas) (ROJAS *et al.*, 2004). Esto es posible debido a que las células vegetales conservan la capacidad de

regenerar la estructura entera de la planta, esta capacidad se debe a factores como la totipotencia, es decir que cada célula vegetal viviente contiene en su núcleo la información genética necesaria para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones a través de reproducción somática basada exclusivamente en mitosis, y la capacidad de las células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (HARTMANN y KESTER, 1995 y ROJAS *et al.*, 2004).

Con la propagación clonal se asegura la conservación de un germoplasma valioso, asimismo de obtener descendencias homogéneas desde el punto de vista genético (clones), ya que permite captar y transferir al nuevo árbol (ramet) todo el potencial genético del árbol donador (ortet) (ZOBEL y TALBERT, 1988; HARTMANN y KESTER 1995).

ROJAS *et al.* (2004) manifiestan que, la propagación por esquejes consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación en la parte aérea, hasta obtener una nueva planta, o bien como cualquier porción de una planta (raíz, tallo, hoja), que es separada de ésta y que es inducida para que forme raíces (WELLS, 1979).

En la propagación clonal a través de esquejes se corta de la planta madre una porción de tallo, raíz u hoja, después de lo cual esa porción se coloca en condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una planta nueva, independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta madre (HARTMANN y KESTER,



1996). Los esquejes se dividen en tres grandes grupos, atendiendo a su origen: esquejes de raíz, de tallo y de hojas. El método de propagación a través de esquejes de tallo es el más importante (CUCULIZA 1956; HARTMANN y KESTER, 1996).

En las plantas podemos encontrar tipos de esquejes:

### **2.3.1. Tipo de esqueje**

- Esquejes de brotes: son de crecimiento rápido por lo que se concentra el tejido meristemático.
- Esquejes tiernos: Poseen un potencial de enraizamiento más elevado aunque el porcentaje de supervivencia es bajo, puesto a que rápidamente pierden agua y se secan debido a la pérdida de agua llamado osmosis.
- Esquejes juveniles: Los tallos son todavía jóvenes pero empiezan a afirmarse siendo más fáciles de manejar que los esquejes tiernos, pues ya no pierden con mucha facilidad el agua ya no son tan propensos a marchitarse.
- Esquejes semimaduros: Los tallos son más robustos y las yemas ya se han desarrollado, siendo posible obtener esquejes en condiciones favorables.
- Esquejes leñosos: Se toman tallos en estado de latencia por lo que tardan más tiempo en enraizar, pero son más robustos y no suelen secarse.

## **2.4. Factores abióticos en propagación de esquejes**

### **2.4.1. Efecto de la luz**

Son variables según la especie, deben ser adecuadas para mantener una tasa fotosintética que garantice suficiente producción de carbohidratos para la sobrevivencia de los esquejes y la iniciación radicular sin comprometer el vigor vegetativo de los esquejes, las cuales son variables con las especies (TORRES, 2003). Entretanto se debe evitar que los esquejes sean expuestos a incidencia directa de los rayos solares, a fin de evitar la quema de los tejidos más tiernos (TORRES, 2003).

Un incremento en la irradiación ha sido asociado con una reducción en el potencial osmótica producto de una alta acumulación de solutos y la consecuente pérdida de agua, causando la reducción en el enraizamiento y la brotación de los esquejes, a su vez un aumento en la irradiación eleva la presión de vapor en la hoja reduce la presión de vapor en el aire y causa un incremento en la pérdida de agua por los esquejes (NUÑEZ, 1997).

Estos efectos pueden ser ejercidos ya sea en las plantas madres de las que se toma el material o en los esquejes mismas durante el proceso de enraizamiento (HARTMANN y KESTER, 1996). La duración y la intensidad de la luz son factores que deben ser considerados, algunas especies toleran poca luz, ya que son fundamentales en la producción de hormonas o auxinas y en la fotosíntesis, básicamente en la formación de carbohidratos, y por lo tanto necesaria para la iniciación y formación de raíces y yemas en los esquejes (MACDONALD, 1986).

### **2.4.2. Efecto de la temperatura ambiental**

Las temperaturas excesivas del aire tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas (HARTMANN y KESTER, 1996), hecho indeseable para la propagación, ocurre también el aumento de la transpiración, provocando necrosamiento (TORRES, 2003), aumentan la respiración de los tejidos provocando un agotamiento de las reservas nutricionales mientras que bajas temperaturas reducen el proceso fotosintético (TORRES, 2003) y disminuyen el metabolismo de los esquejes llevando a un mayor tiempo para el enraizamiento incluso proporcionando condiciones inadecuadas para que ocurra desarrollo y crecimiento radicular (TORRES, 2003). Debido a que las temperaturas dependen del nivel de irradiación, el uso de sombra es una medida efectiva para prevenir un aumento en la temperatura del sustrato de enraizamiento y del aire que rodea los esquejes (NUÑEZ, 1997).

La temperatura ambiental óptima para el enraizamiento varía según la especie; HARTMANN y KESTER (1996), BOTTI (1999) señalan que, la mayoría de las especies requieren rangos diurnos de 20 a 27 °C.

### **2.4.3. Efecto del medio de propagación**

El factor más importante asociado con el medio de propagación es la aireación. NUÑEZ (1997) indica que, la relación entre aire y agua en el medio de propagar juega un papel importante en el éxito de la macro propagación, al influir en la disponibilidad de oxígeno que pueda haber en la

base del esqueje donde las raíces son formadas. Una atmósfera de suelo saturada particularmente cuando carece de oxígeno favorece la pudrición; un riego deficiente y una concentración de oxígeno en el suelo muy alta conduce a la formación de callo en la base del esqueje y en general el crecimiento radical lento. El medio de enraizamiento puede afectar el tipo de sistema radical que se originan de los esquejes de algunas especies si se hacen enraizar en arena, producen raíces largas no ramificadas, gruesas y quebradizas, pero cuando enraízan en una mezcla como arena y musgo turboso o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo más apropiado para extraer y volver a plantar (HARTMANN y KESTER, 1996).

El sustrato de propagación debe cumplir tres funciones muy importantes para el éxito del proceso: sujetar los esquejes, mantener la humedad y permitir el intercambio de gases (HARTMANN y KESTER, 1996; BOTTI, 1999). Por lo tanto, cualquier material o mezcla de materiales que se utilice debe permitir una buena retención de agua (sin acumularla excesivamente) y una aireación que permita un contenido de oxígeno adecuado para la respiración de los tejidos sometidos a la producción de nuevas raíces (BOTTI, 1999). También debe poseer un buen drenaje y estar libre de microorganismos que causa la infestación del propágalo (PEATE, 1989). Además debe contener un escaso contenido de materia orgánica por lo que esta especie es adaptable en suelos mineralizados (SANDOVAL, 1997), con una densidad aparente baja, para facilitar su mezcla, manipulación, traslado y trasplante.

MESEN (1998) menciona que, en estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales.

#### **2.4.4. Efecto de la humedad relativa**

En la atmósfera seca hay un aumento en la evapotranspiración y los esquejes pueden desecarse, se precisa entonces una humedad relativa del aire alta en los comienzos del enraizado para reducir la evapotranspiración y evitar el marchitamiento de los propágulos (DÍAZ, 1991).

Las hojas son en extremo sensible a cualquier pérdida de agua por evaporación, pérdida que no puede ser compensada con una absorción de agua por la parte baja del esqueje aunque esta esté sumergida en el agua, los vasos conductores están en efecto parcialmente bloqueados por los mucílagos y los productos de oxidación que se forman en la superficie de corte (BRAUDEAU, 1981).

La pérdida de agua es una de las principales causas de muerte de esquejes antes de la formación de raíces, para que haya división celular, es necesario que las células del tejido del esqueje deban estar turgentes. Por tanto el potencial de pérdida de agua en un esqueje es muy grande, sea a través de las hojas o de las brotaciones en desarrollo, considerando que las raíces aún no están formadas (KIRUNDA, 2005).

Eso se ve agravado cuando se trabaja con especies que exigen largo tiempo para formar raíces y cuando se utilizan esquejes con hojas y/o de consistencia herbácea (TORRES, 2003).

El efecto más inmediato que se atribuye al déficit hídrico sobre la capacidad para enraizar, es el cierre estomático, esto afecta la ganancia de carbohidratos por medio de la fotosíntesis (NUÑEZ, 1997).

#### **2.4.5. Efecto de la Intensidad lumínica**

HARTMANN y KESTER (1988) mencionan que, los esquejes con radiación lumínica muy bajas, limitan la producción de carbohidratos condiciones, el suministro de auxinas y radiaciones muy elevadas podrían causar demasiada concentración carbohidratos y por ende la muerte.

#### **2.4.6. Efecto de reguladores de crecimiento**

Existe cierto número de compuestos sintéticos que cuando son introducidos en la planta con frecuencia producen resultados similares a aquellos causados por las hormonas que ocurren naturalmente. Estos compuestos han sido denominados “reguladores de crecimiento vegetal” o fitorreguladores y no pueden ser llamadas hormonas (FANEGO, 2006).

Las auxinas han sido bien documentadas el efecto que tienen las mismas en promover el desarrollo de raíces adventicias en la base del esqueje por medio de la capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y cofactores a la base del esqueje (LEAKEY *et al.*, 1982; NUÑEZ, 1997).

Existe un efecto directo de las auxinas en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base del esqueje donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (NUÑEZ, 1997). El

transporte de las auxinas se realiza en forma polar, quiere decir que en el tallo se dará en dirección basípeta y la raíz en dirección acrópeta (FANEGO, 2006).

El transporte polar ocurre por la diferencia del potencial hídrico del tallo, el cual es positivo en la base y negativo en el ápice, como el IAA es un ácido que resulta ser electronegativo, es repelido por las células apicales y atraído por las basales (FRANCIS, 1993).

El movimiento ocurre normalmente en los tejidos como un todo a través de las células, más bien que usando conductos del xilema y del floema. Presumiblemente el proceso de transporte implique una interacción entre el AIA y la membrana plasmática de las células de las plantas (FANEGO, 2006).

La acción auxínica parece ser muy particular y se ejercería fundamentalmente en dos etapas: en la primera el efecto es de estimulación del crecimiento, pero la duración del efecto estimulante se acorta progresivamente con el aumento de la concentración (LEAKEY *et al.*, 1982; NUÑEZ, 1997).

Ello termina por provocar una inhibición que es la que caracteriza la segunda etapa. El agente responsable sería el etileno cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta (MANSILLA, 2004).

HARTMANN y KESTER (1996) indican que, el propósito de tratar los esquejes con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado.

Las auxinas mejoran el transporte y la producción de la sacarosa en las hojas que es uno de los factores que más ayudan al enraizamiento por ser una fuente de carbono (JARVIS, 1986).

El tipo de inmersión rápida consiste en introducir la base del esqueje en una solución concentrada de la auxina por pocos segundos e insertar inmediatamente el esqueje en el medio de propagación (MESEN, 1998).

Las soluciones deben ser ajustadas para cada especie, dependiendo del grado de lignificación del esqueje y la duración de la inmersión no debe ser prolongada (BLAZICH, 1988).

## **2.5. Sustancias promotoras de propagación**

Para la iniciación de raíces secundarias intervienen varios tipos de reguladores de crecimiento como las auxinas, citocininas y giberelinas. Las auxinas tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces en esquejes de varias especies vegetales, además de intervenir en la iniciación de raíces, las auxinas también controlan su crecimiento (WEAVER, 1976).

El uso de auxinas es un tipo eficiente en la propagación vegetativa, la función de las auxinas está relacionada con su acción sobre la división y el crecimiento celular y en la síntesis de la pared celular es decir acelera el proceso de división y tamaño celular (HALE, 1987).

La atracción de nutrientes y otras sustancias al sitio de aplicación, así como sus efectos en las relaciones hídricas y fotosintéticas de los esquejes y otros procesos interrelacionados (SANCHEZ, 2006).



Las auxinas más utilizadas para promover el enraizamiento son los ácidos indol-3- acético (AIA), naftal en acético (ANA) e indol-3- butírico (AIB), el AIB es más utilizado, ya que no es tóxico en un amplio rango de concentraciones para un gran número de especies y químicamente es más estable que el AIA, es decir al contacto con el sustrato de propagación el AIB es un producto químico persistente que se desplaza muy poco y se retiene cerca del sitio de aplicación (HARTMANN *et al.*, 2002).

## **2.6. Auxinas**

### **2.6.1. Ácido indolbutírico**

Es un compuesto que pertenece al grupo de las auxinas natural, tiene características como estabilidad en el sustrato es decir la materia no sufre transformaciones químicas, es sólido y cristalino en condiciones estándar de presión y temperatura de color blanco a amarillo claro, es un buen enraizado pero también es bueno para la estimulación de brote, tallo y hojas (SIGMA, 2015).

El ácido indolbutírico presenta muchas ventajas el cual no se degrada fácilmente por la luz o microorganismo, no es toxico y es estable permanece por tiempo en el sitio de aplicación y se encuentra en mayor concentración en los callos y raíces pero menor concentración en hojas brotes (MESEN, 1998).

las auxinas se encuentran en la planta en mayores cantidades en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y

coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical (MCSTEEN, 2008).

### **Composición:**

99.0% ..... Ácido indolbutírico

1.0% ..... Aditivos

- Enraizamiento de esquejes y estacas frutales
- Inhibición del crecimiento de las yemas axilares
- Aparición de la dominancia apical o aumento del desarrollo de las ramas laterales
- Fototropismo positivo o estímulo para que las plantas crezcan más rápido hacia la luz
- Aumento de la formación de las raíces laterales
- Estimulación de árboles frutales para producir mayor cosecha

### **2.6.2. Fitohormonas vegetales**

Las hormonas vegetales o sustancias de crecimiento actúan en bajas concentraciones, específicamente para regular el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Las hormonas vegetales desempeñan múltiples papeles reguladores que afectan aspectos diferentes del desarrollo. En las hormonas vegetales no existe una clara separación entre los sitios de síntesis y de acción (NAVARRO, 2003).

La principal auxina vegetal es el ácido 3-indol butírico, existen otros compuestos con actividad auxínica, entre los cuales podemos mencionar el ácido fenoxi- acético y el ácido-3-indol acético tiene características de estabilidad (ROCHA, 1998).

## 2.7. Descripción general del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)

La clasificación taxonómica para esta especie es propuesta por HAECKEL (1887), CRONQUIST (1981) y APG (2009) de la siguiente manera:

Reino	: PLANTAE (HAECKEL, 1887)
División	: MONOCOTS (CRONQUIST, 1981)
Clase	: COMMELINIDS
Orden	: POALES (APG, 2009)
Familia	: POACEAE
Género	: <i>Guadua</i>
Nombre científico	: <i>Guadua angustifolia</i> Kunth
Nombre común	: Bambú

El nombre *Guadua* fue descrito por el botánico alemán Karl Sigmond Kunth en 1822, como un género segregado del género asiático *Bambusa*. Kunth emplea el vocablo indígena “guadua” que era como las comunidades nativas de Colombia y Ecuador llamaban a este bambú, y designa a *Guadua angustifolia* como la especie, en donde el epíteto específico significa hoja angosta (LONDOÑO, 2001).

La mencionada especie es de gran importancia por sus múltiples usos en más de 100 industrias y procesos de manufacturas; sobre todo en las producciones de muebles, objetos artesanales, artes de caza y pesca, producción de alimentos y especialmente en la construcción de viviendas rurales y periurbanas; actualmente esta especie está reconocida como la mejor aportadora de pulpa para la producción de papel y carbón de alta resistencia y calidad, aventajando a otras especies forestales conocidas hasta hace poco tiempo como las mejores en este rol (MONGE, 2004).

Este recurso forestal da origen a una gran gama de productos que ya sobrepasan los 5000 en todo el mundo, unos son desarrollados a pequeña escala, a veces con fines de autoconsumo y otras mediante procesos de transformación industrial llegan al mercado para usos masivos, con gran incidencia de forma notable en la economía de Asia, en particular en la República Popular China (SÁNCHEZ y GÓMEZ, 2006).

En Argentina, Brasil, Chile y México, el cultivo de esta especie para vender sus astillas a la industria papelera es una oportunidad de negocio, especialmente cuando se observa que anualmente las papeleras importan celulosas de fibras cortas, y el bambú con fibra larga es material reciclable y más barato, dando mejores papeles y más resistentes (MINAG, 2008).

El cultivo de esta especie con ese fin se han incorporado recientemente en Costa Rica, Colombia, China, Egipto, Honduras, Irán y Perú, a pesar de que los mayores avances actuales en este rubro se localizan en Brasil, China y Japón (SÁNCHEZ y GÓMEZ, 2006).

### **2.7.1. Descripción botánica**

LONDOÑO (2010) indica que, es de tallo recto ligeramente arqueado en la punta, rizoma paquimorfo en forma de tortuga. El culmo joven es de color verde con rayas verdes más oscuras, altura 18 - 22 m, diámetro. 9 - 16.5 cm. Espesor pared hasta 4 cm, región nodal con bandas blancas: superior 0.4 - 0.6 cm, inferior 1.2 - 1.5 cm, una yema/nudo con perfilo cubierto por pelos adpresos de color café y márgenes ciliadas. Desarrolla pocas ramas basales con espinas, hoja caulinar con lígula interna invaginada y asimétrica, totalmente pubescente, con pelos adpresos de color café; lamina caulinar abombada.

Los nudos ocupan toda la sección del tallo que se caracteriza por una coloración blanquecina y por el desarrollo de pequeñas pubescencias de color café claro a manera de banda sobre el mismo, con espinas en el tallo y ramas. Ostenta dos tipos de hojas, las caulinares o protectoras presentes en el rizoma y el culmo, envolviendo nudos con yemas y las hojas o láminas foliares que son simples, están constituidas por una sola pieza de forma lanceolada rematando en punta a partir de la base ancha, mucho más larga que ancha, con longitud promedio de 15 a 20 cm y ancho entre 2 y 5 cm; (GIRALDO y SABOGAL, 2007).

Las ramas laterales llamados “riendas laterales” o “ganchos” estas tienen crecimientos distintos a las ramas superiores o apicales, pues crecen paralelas al suelo cerca al culmo, luego por su peso se entierran. de las guaduas, las ramas bajas carentes de hojas en un alto porcentaje (PATS, 2003).

### 2.7.2. Distribución geográfica de la especie

Los géneros y especies de la subfamilia Bambusoideae en el mundo son de 41 géneros en América, entre 60-67 en Asia, África y Australia, para totalizar 101-108 especies distribuidos en esas zonas geográficas. Las especies están distribuidas 470 en América, entre 700-900 en Asia, África y Australia; por lo que se estima que las especies disponibles en el mundo actualmente sea aproximadamente de unos 1200 - 1400 (LONDOÑO, 2006).

De manera particular en América los bambúes leñosos o Bambuseae se distribuyen igual que la subfamilia Bambusoideae desde Estados Unidos hasta Chile e Islas del Caribe desde 0 - 2200 m.s.n.m (LONDOÑO, 2004). La especie *Guadua angustifolia* en particular, se encuentra ampliamente distribuido en zonas tropicales y subtropicales de Asia, África y América, y su mayor distribución se concentra en China y la India, crecen desde la cota cero hasta las elevaciones más altas del país en una amplia gama de suelo y clima (CATASUS, 2003).

Se estima que China dispone de siete millones de hectáreas de bambú, de los cuales cuatro millones de hectáreas tienen un destino económico y tres millones de hectáreas se encuentran en zonas montañosas con difícil acceso o dedicadas a la conservación de ecosistemas (MONGE, 2004).

El bambú fue introducido en Cuba, en la segunda mitad del siglo XIX en la región oriental del país, procedente de Sri Lanka, la especie que más se ha desarrollado es la *Guadua angustifolia*. Se ha establecido en lo

fundamental en las provincias Granma, y Santiago de Cuba, extendiéndose los fomentos a otros territorios como Holguín, Villa Clara y Sancti Spíritus, donde su explotación es promisoría (BETANCOURT, 2007).

### **2.7.3. Suelos**

Son suelos franco arcillosos y con buen drenaje, son los más aconsejados para este cultivo, aunque también se encuentran en lechos húmedos de cursos de agua y suelos arenosos (MINAG, 2008).

Los suelos pesados o arcillosos no favorecen al desarrollo de la plantas, los suelos de los guaduales contienen hasta un 12% más de materia orgánica que otros suelos (CORPEI, 2003).

### **2.7.4. Vías de propagación**

(CATASUS, 2003) indica que, las especies de bambúes tienen dos vías principales de propagación; la propagación sexual que ocurre por medio de las semillas viables y la asexual o vegetativa que tiene lugar a través de cualquier parte de la planta que tenga yemas activas en determinadas condiciones, que facilite la producción de propágulos y la multiplicación de sus partes.

#### **2.7.4.1. Propagación sexual**

La factibilidad de esta vía de propagación en el cultivo del bambú, no constituye una práctica común convencionalmente por las dificultades de obtener semillas en algunas especies, y en otras prácticamente imposible debido a su largo ciclo de floración. En cambio en algunas regiones de Asia la

especie *Dendrocalamus strictus*, se ha propagado a partir de semillas facilitando su distribución a diferentes partes del mundo (FIGUEREDO, 2006).

En América las semillas de especies como *Guadua angustifolia* presentan porcentajes de germinación comprendidos entre 95 y 100%, pero se dificulta su propagación por esa vía debido al alto grado de parasitismo de sus espigas por algunas larvas de insectos mayormente de los órdenes *Dípteras* e *Himenóptera* (LONDOÑO, 2002).

#### **2.7.4.2. Propagación asexual**

La propagación asexual es la vía más empleada comercialmente debida a las características gregarias de la floración de estas especies y que ocurren por lo general en un ciclo muy largo que en algunas especies pasa de 100 años, lo que dificulta la germinación por semillas al término del cual la planta muere (INFAGRO, 2014).

Todas las vías conocidas de propagación asexual o vegetativas son susceptibles de ser utilizadas en los bambúes, pero en la práctica las comúnmente empleadas son: los chusquines, rizomas con chusquines, segmentos de tallos, culmos enteros, esquejes, rizomas y cultivo de tejidos o células también llamado propagación in vitro (MCSTEEN 2008).

El éxito de la propagación depende de varios factores, como son: la especie empleada, la preparación y composición de sustratos y las características del medio natural donde se desarrolle dicha propagación, que deben ser las más apropiadas para un buen desarrollo (CATASUS *et. al.*, 2002).



## 2.8. Invernadero

Los procesos que contribuyen al crecimiento y la producción de las plantas son la fotosíntesis, la respiración y la transpiración, estos procesos son condicionados a corto y largo plazo por factores como la radiación solar, la concentración de CO<sub>2</sub>, la temperatura y la presión de vapor de agua del ambiente y a su vez en nuestro caso estas condiciones son afectadas por el cerramiento del invernadero y por el propio cultivo (PUJANTE, 2001).

La cubierta en invernadero produce una atmósfera cerrada, reduciendo el intercambio de aire entre el ambiente del cultivo y el ambiente exterior y una reducción marcada de la velocidad del aire en el interior. La energía y el vapor de agua transpirado son alterados por el cerramiento, limitando el intercambio y acumulados dentro (MATALLANA *et al.*, 2001).

El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta se transforma en calor, esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior calentando el invernadero (INFAGRO, 2014).

## 2.9. Antecedentes

QUISPE (2009) en Tingo María - Perú comprobó que, el efecto favorable del humus de lombriz en la producción de esquejes del bambú, pues el testigo fue inferior estadísticamente a los tratamientos beneficiados en la

evaluación altura, número de hojas, brotes y prendimiento. Económicamente, se dice que 1.75 kg de humus de lombriz por planta en bolsa de 3.5 kg es la dosis recomendable en *Dendrocalamus asper* y *Gigantochloa apus*, en vivero.

GARCÍA *et al.*, (2011) señalan que, los nuevos brotes de bambú en crecimiento *in vitro* se pueden empezar a observar entre la segunda y cuarta semana después de la siembra y con la acción de dosis controladas de auxinas.

En la propagación vegetativa (chusquines, varas y segmentos nodales) de tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris* y *Bambusa oldhamii*) utilizando 3 sustratos: tierra de uso agrícola + cachaza + estiércol caprino; Atocle + cachaza + estiércol caprino y un sustrato a base de insumos comerciales (musgo de turba 0.1614 m<sup>3</sup>, agrolita 0.1 m<sup>3</sup>, tierra de uso agrícola 40 kg, Biofertilizante natural 1.5 kg, fertilizante granulado azul especial (12 12 17). Se tuvo como resultado que el método por chusquin es mejor que el de vara y segmento nodal. La vareta y el segmento nodal ofrecen menor supervivencia y reducido número de hijuelos. Mientras que la *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* son las mejores especies en relación a la *Bambusa oldhamii* para la propagación de plantas de bambú independientemente del sustrato que se utilice (LÁRRAGA, *et al.*, 2011).

En la propagación por varas y segmentos nodales de *Guadua* se observan resultados muy pobres, lo que se atribuye a que los dos métodos de propagación, utilizan como propágulo a segmentos que provienen de ramas con yemas que al mismo tiempo que forman su sistema radicular y foliar

producen hijuelos, situación que demerita la altura de los hijuelos. Para el número de raíces en *Guadua* se obtuvo baja cantidad de raíces lo que puede deberse a que *Guadua* presenta menor altura y un lento crecimiento del rizoma en comparación con la *Bambusa vulgaris* (LARRAGA *et al.*, 2011).

Por otro lado, DÍAZ (2012) encontró que, los tipos de propágulos que produjeron mayor porcentaje de brotación fueron: segmentos de culmo (68.51%) y yema con segmento de rama (62.96%).

En otra parte, GALLARDO *et al* (2008) mencionan que, el método por estaca utilizando ramas laterales de plantas adultas y chusquines en crecimiento de *Guadua angustifolia* no es muy usado por los bajos porcentajes de brotación y prendimiento.

La investigación realizada por VELA (1982) mencionan que, el mejor método de propagación de *Bambusa vulgaris* es por medio de vareta con una o dos yemas visibles.

Es importante mencionar que la propagación por vareta de *Bambusa vulgaris*, presenta una propensión al enraizamiento superior a otras especies (FRANCIS, 1993).

En otra parte, CHATURVEDI (1988) menciona que, existen registros de que *Bambusa vulgaris* alcanza hasta 20 cm por día y del 40 al 50% del crecimiento diario, se lleva a cabo en los primeros entrenudos. Los efectos manifestados por esta combinación permiten considerarla como importante para la producción de plántula de bambú, siempre que se consideren 34 cm de altura en promedio y bajo condiciones de vivero, los mejores resultados para la

*Bambusa vulgaris* los ofrece el método de propagación por chusquines como propágulo, asimismo, DESEZARTE Y GOSZCZYŃSKI (2005) señalan que, la *Bambusa vulgaris* muestra mayor crecimiento hasta la tercera generación.

Por otro lado, FRANCIS (1993) menciona que, los hijuelos de *Bambusa vulgaris* presentan pequeños rizomas visibles que se conectan con los de la anterior generación y así sucesivamente pequeños rizomas que a su vez producen raíces que alcanzan una longitud de 30 cm o más.

Por otra parte, GIRALDO y SABOGAL (2007) afirman que, las varas y el segmento nodal producen menor número de hijuelos, posiblemente a la falta de área foliar, en rizoma y sistema radicular visibles. En caso de que exista supervivencia la formación de hijuelos inicia después de 20 a 40 días, para la propagación se utilizó suelo y arena en proporciones de 75 y 25% respectivamente también se puede incorporar compost, humus, fibras y productos agroindustriales.

Las varas deben de mantenerse de 20 a 24 meses en condiciones de vivero, antes de su completo desarrollo para el trasplante. Sin embargo es importante mencionar que no se reporta el número de hojas que debe contener, probablemente porque no se considera como un indicador confiable de propagación y su dependencia se basa principalmente en la edad de los propágulos (chusquin, vareta o segmento nodal). Considerando esta situación el número de hojas obtenidas con el método de propagación chusquin y la rápida formación foliar necesaria para el trasplante, son factores que hacen de este método una alternativa viable y confiable para la propagación del bambú,

en comparación el método por vareta y el método de segmento nodal (HASAN *et al.*, 1976).

Por otra parte, LÓPEZ (2011) manifiesta que, en una investigación con *Bambusa balcooa* reportaron dificultades para lograr la brotación de yemas axilares de las varas, sin registrar los índices de multiplicación, la necrosis de yemas provoca en los primeros seis meses la muerte de la planta, reflejando con esto que el uso de vareta o segmento nodal no influye en el porcentaje de supervivencia y propagación del bambú.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La ejecución de la investigación se desarrolló en el Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); políticamente ubicada en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado y región Huánuco; y geográficamente presenta las siguientes coordenadas UTM:

Este	:	390315 m
Norte	:	8970774 m
Altitud	:	660 m.s.n.m

La clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1971) ubica al distrito Rupa Rupa en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT); y PULGAR (1938) con sus regiones naturales del Perú lo ubica en la selva alta o rupa rupa.

De acuerdo a los datos de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva la zona presenta una temperatura máxima 29.4°C, mínima 19.2°C, y media 24.3°C, precipitación promedio anual de 3300 mm, la humedad relativa en el ambiente de 87% y la altitud 660 m.s.n.m.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material vegetal**

Se utilizó esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), con segmentos de ramas laterales basales con tres nudos de 30 cm de largo que fueron extraídos del centro poblado Palo de Acero, ubicado políticamente en el distrito Monzón, provincia Huamalíes, región Huánuco y ubicado geográficamente con las siguientes coordenadas UTM:

Este : 390080 m  
Norte : 9004997 m  
Altitud : 705 m.s.n.m

### **3.2.2. Materiales y equipos**

En laboratorio se empleó: probetas graduadas, pipetas de vidrio, bureta, recipientes, regla milimetrada, balanza analítica, digital, agua destilada, alcohol al 96%, hormona ácido indolbutírico 99%, cucharitas, papel.

En campo se utilizó: tijera de podar dos manos, tijera podadora telescópica, escalera, guantes de herrero, cascos protectores, botas con suelas gruesas, machete, baldes, cuaderno de apuntes, cámara fotográfica, computadora, GPS, calculadora, termohigrómetro.

### **3.2.3. Insumos**

Sustrato (tierra, aserrín descompuesto y cascarilla de arroz descompuesto en proporciones de 70%, 15% y 15%, fungicida, insecticida, nematicida, etc.

### 3.3. Metodología

Se utilizó la metodología modificada de QUEZADA (2011) en el diseño de las dosis de Ácido indolbutírico (AIB) y de ARAUJO (2015) para el método de propagación del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth). Se realizó en tres fases: fase de gabinete, fase de instalación y fase de evaluación.

#### 3.3.1. Fase de gabinete (factores y niveles en estudio)

– **Factor A: Tipos de esqueje**

$a_1$  = Esqueje de rama basal

$a_2$  = Esqueje de rama medio

$a_3$  = Esqueje de rama apical

– **Factor B: Dosis de ácido indolbutírico (AIB)**

$b_1$  = 0.0 mg/L = 0 ppm

$b_2$  = 1.0 mg/L = 100 ppm

$b_3$  = 2.0 mg/L = 200 ppm

#### 3.3.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos considerados en el estudio, fueron generados por las combinaciones realizadas al usar cada uno de los niveles del tipo de esqueje ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) y niveles de la hormona ácido indolbutírico (AIB) ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ), haciendo un total de 9 tratamientos, en donde el diseño completo al azar realizó cada uno de las combinaciones para ser explicado en forma descriptiva (Cuadro 1).



Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en estudio, utilizando el diseño completo al azar

Tratamiento	Combinación	Descripción
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Esqueje de rama basal en 0.0 mg/L de AIB
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Esqueje de rama basal en 1.0 mg/L de AIB
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Esqueje de rama basal en 2.0 mg/L de AIB
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Esqueje de rama medio en 0.0 mg/L de AIB
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Esqueje de rama medio en 1.0 mg/L de AIB
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Esqueje de rama medio en 2.0 mg/L de AIB
T <sub>7</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	Esqueje de rama apical en 0.0 mg/L de AIB
T <sub>8</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	Esqueje de rama apical en 1.0 mg/L de AIB
T <sub>9</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	Esqueje de rama apical en 2.0 mg/L de AIB

### 3.3.3. Unidad experimental

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con arreglo combinatorio bifactorial 3a x 3b. Con nueve tratamientos, cinco repeticiones, haciendo un total de 45 unidades experimentales, con tres esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* kunth), distribuidos como sub-unidades que en total sumaron 135 según el protocolo modificado, diseñado y experimentado por QUEZADA (2011).

### 3.3.4. Análisis de variancia

Se realizó el análisis de variancia con la prueba de Fisher (ANVA) a un nivel de  $\alpha = 0.05$  y comparación de medias con el Test post hot de TUKEY también a un nivel de  $\alpha = 0.05$  (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de variancia (ANVA) de la investigación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc
Tipo de esqueje (A)	$a - 1 = 2$	$SC_A$	$SC_A / a - 1$	$CM_A / CM_E$
Dosis de AIB (B)	$b - 1 = 2$	$SC_B$	$SC_B / b - 1$	$CM_B / CM_E$
Interacción (A x B)	$(a - 1)(b - 1) = 4$	$SC_{AB}$	$SC_{AB} / (a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB} / CM_E$
Error experimental	$ab(r - 1) = 36$	$SC_E$	$SC_E / GL_E$	
Total	$abr - 1 = 44$	$SC_{Total}$		

A y B: factores; r = repeticiones; GL = grados de libertad; Sc = Suma de cuadrados  
Sc = Suma de cuadrados; Fc = F calculado

### 3.3.5. Fase de instalación

#### 3.3.7.1. Preparación del área de investigación y los equipos

Se eligió un área con iluminación adecuada 50%, dentro del Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, con circulación de aire y limpia de objetos extraños, así mismo se verificó el estado de equipos como es termohigrómetro, etc.

### **3.3.7.2. Construcción del invernadero**

Se construyó el invernadero de 3.8 m de largo x 1.0 m de ancho x 1.2 m de alto, dentro del vivero con sombra de 50% (malla raschel de color negro), utilizando tubos de PVC de ½ pulgada y plástico translúcido para envolver la estructura, con orientación de este a oeste.

### **3.3.7.3. Extracción del material vegetativo y transporte**

Se extrajo los esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) del centro poblado Palo de Acero, distrito Monzón, provincia Huamalíes, región Huánuco, de una mata de aproximadamente cuatro de años de edad, se extrajo la parte de la rama basal también llamado “riendas laterales”, de aproximadamente 30 cm, con tres nudos, en horas de la mañana de (6:00 am a 8:00 am), luego el material vegetativo fue seleccionado y acondicionado en baldes con agua para evitar la deshidratación, para su transporte al vivero forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

### **3.3.7.4. Aplicación de hormona ácido indolbutírico (AIB)**

Se aplicó la inmersión que consistió en introducir absolutamente todo el esqueje en una solución concentrada de ácido indolbutírico (AIB 99.00%), en una concentración de (0 ppm, 100 ppm, y 200 ppm) por 5 minutos e insertar rápidamente en el sustrato de la cámara de invernadero.

### **3.3.7.5. Siembra del esqueje vegetativo**

Antes de la siembra se aplicó cera de vela entre los extremos de la herida para evitar posibles patógenos y la deshidratación por pérdida de savia,

luego se sembró los esquejes con mucho cuidado haciendo surco con profundidad de 2.0 cm y entre esquejes 8.0 cm paralelos, se introdujo en forma horizontal presionando con los dedos para que el contacto con en suelo sea más fijo y con un 25% de la superficie del esqueje a la luz para realizar la fotosíntesis (Figura 1).

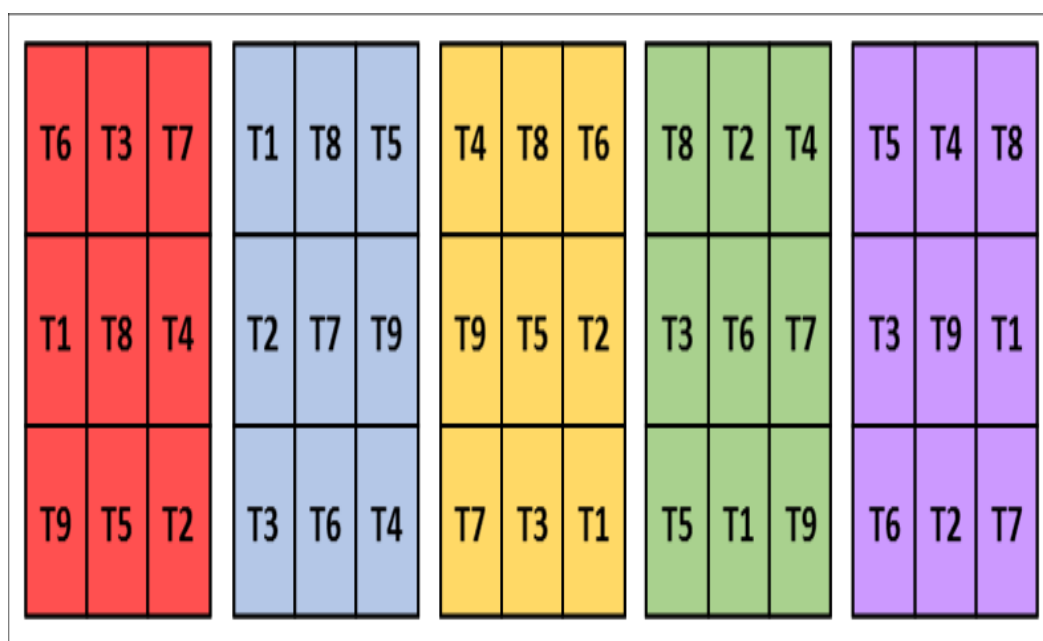


Figura 1. Diseño y distribución de los tratamientos en la siembra

### 3.3.7.6. Mantenimiento del invernadero

Se realizó la limpieza (deshierbe), tanto interno y externo del invernadero de manera periódica, para evitar la aparición de plagas, enfermedades y para evitar la competencia por nutrientes de especies vegetales diferentes al bambú.

### 3.3.8. Fase de evaluación

Se realizaron las evaluaciones a los 30, 60 y 90 días del sembrado de los esquejes, además de ello, se observó y anotó variaciones de forma

periódica para observar los cambios que presenta el esqueje monitorear aparición de plagas, enfermedades y/o hongos que puedan alterar o cambiar el resultado de la investigación.

– **Número de brotes (NB)**

Se contabilizó el número de brotes por tratamiento, que se origina de un nudo de forma visual, el conteo fue semanal para saber el tiempo de brotación y para monitorear el estado de los brotes.

– **Longitud de brotes (LB)**

Para medir la longitud del brote se utilizó una wincha de 5 m de longitud, tomando como límites la base y el ápice del brote, la frecuencia de las mediciones, y para medir el efecto de los factores se consideró la medición final.

– **Número de hojas (NH)**

Visualmente se contabilizó el número de hojas por tratamiento que se originó entre los diferentes brotes, el conteo fue semanal para saber el tiempo de follaje.

– **Sobrevivencia de brotes de yemas (S%)**

Se evaluó la sobrevivencia (%), donde se dividió el número total de brotes de yemas vivos por esquejes, entre el número total de esquejes sembrados,

$$S(\%) = \frac{\text{Número total de brotes de yemas vivos}}{\text{Número total de esquejes sembrados}} \times 100$$

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Número de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas

El análisis de varianza del número de brotes en esqueje de bambú, presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $\alpha = 0.05$ ), respecto al factor B (Dosis de AIB). En el tipo de esqueje (A) y la interacción (A x B), no existieron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza del número de brotes en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a 90 días de propagación.

F. V.	G. L.	C. M.	F	Significancia
A (tipo de esqueje)	2	0.0226	0.5109	NS
B (dosis de AIB)	2	1.3625	30.8269	S
A x B	4	0.0246	0.5558	NS
Error	36	0.0442		
Total	44			

CV (%) = 14.53

S = significancia estadística a un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

NS = No significativa

Al realizar el análisis de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del factor tipo de esqueje, los tres tipos de esqueje fueron significativos en el número promedio de brotes del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), aun así, el tipo de esqueje rama basal fue la que presentó mayor promedio con 1.22 brotes a los 90 días,

seguido por el tipo de esqueje rama apical con 1.13 brotes y el menor número de brotes alcanzó el tipo de esqueje de rama medio con 0.94 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el número de brotes, a los 90 días.

Tipo de esqueje	Media	Significancia
Rama medio	0.94	a
Rama apical	1.13	a
Rama basal	1.22	a

En el análisis de medias del factor dosis de AIB, se observó que los tres dosis de AIB fueron estadísticamente diferentes en el número promedio de brotes en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), donde nivel de dosis 1.0 mg/L presentó mayor número de brotes con 1.91 a los 90 días después de la propagación, seguido por el nivel de 2.0 mg/L con 1.68 brotes y el menor número de brotes fue el nivel de la 0.0 mg/L sin brotes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor dosis de AIB sobre el número de brotes a los 90 días.

Dosis de AIB	Media	Significancia
0.0 mg/L	0.00	a
2.0 mg/L	1.68	b
1.0 mg/L	1.91	b

Se confirma la existencia de diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre las tipo de esqueje rama basal y medio con el tipo de rama apical; aunque los esquejes con rama basal y rama medio no muestran diferencias significativas entre ellas ( $\alpha = 0.05$ ). También muestra la existencia de diferencias significativas entre las dosis de AIB, siendo los niveles de 1.0 mg/L y 2.0 mg/L los que tuvieron diferencias (Figura 2).

Al comparar las medias de los tratamientos, se observa diferencias entre los tratamientos, siendo T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub> los que obtuvieron mayor número promedio de brotes en los esquejes, y los que no tuvieron brotes en promedio fueron el T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub> y T<sub>3</sub> (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba Tukey de los tratamientos sobre el número de brotes en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

Tratamiento	Tipo de esqueje	Dosis de AIB	Medias (%)	Significancia
T <sub>3</sub>	Rama basal	Dosis 2.0 mg/L	0.00	a
T <sub>9</sub>	Rama apical	Dosis 2.0 mg/L	0.00	a
T <sub>6</sub>	Rama medio	Dosis 2.0 mg/L	0.00	a
T <sub>8</sub>	Rama apical	Dosis 1.0 mg/L	1.16	b
T <sub>4</sub>	Rama medio	Dosis 0.0 mg/L	1.72	b
T <sub>2</sub>	Rama basal	Dosis 1.0 mg/L	1.91	b
T <sub>7</sub>	Rama apical	Dosis 0.0 mg/L	1.91	b
T <sub>5</sub>	Rama medio	Dosis 1.0 mg/L	1.99	b
T <sub>1</sub>	Rama basal	Dosis 0.0 mg/L	2.11	b

(a), (b) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).



Es confirmativo para la existencia de diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en el porcentaje de número de brotes en esquejes de bambú entre los tratamientos, a los 90 días de evaluación, los tratamientos: T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>, presentaron 2.11, 1.99, 1.91, 1.91, 1.72 y 1.16 brotes en promedio respectivamente y seguido de T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub> y T<sub>3</sub> con ningún brote (Figura 10). Se observa la variación del número de brotes según el período de evaluación realizada, por cada factor (tipo de esqueje y dosis de AIB), a los 30 días de evaluación se obtuvo 1.66, 1.46 y 0.99 brotes, con el tipo rama basal, medio y apical respectivamente; a los 60 días, logró 3.20, 3.33 y 2.23 brotes y a los 90 días 1.22, 1.14 y 0.94 brotes en promedio respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Evaluación del número de brotes promedio, según el período de evaluación (días)

Factores	Niveles	Número de brotes (promedio)		
		Días		
		30	60	90
(A)	Rama basal	1.66	3.20	1.22
	Rama medio	1.46	3.33	1.14
	Rama apical	0.99	2.23	0.94
(B)	Dosis 0.0 mg/L	2.71	2.87	1.91
	Dosis 1.0 mg/L	1.84	1.61	1.68
	Dosis 2.0 mg/L	0.00	4.51	0.00

En el caso para el factor de dosis de AIB, se observó que a los 30 días se logró obtener brotes de 2.71 (dosis 0.0 mg/L), 1.84 (dosis 1.0 mg/L) y 0.00 (dosis 2.0 mg/L); a los 60 días un número de brotes de 2.87, 1.61 y 4.51 y finalmente a los 90 días una brotación de 1.91, 1.68 y 0.00, en los tres dosis de AIB del esqueje de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), respectivamente (Cuadro 7 y Figura 3).

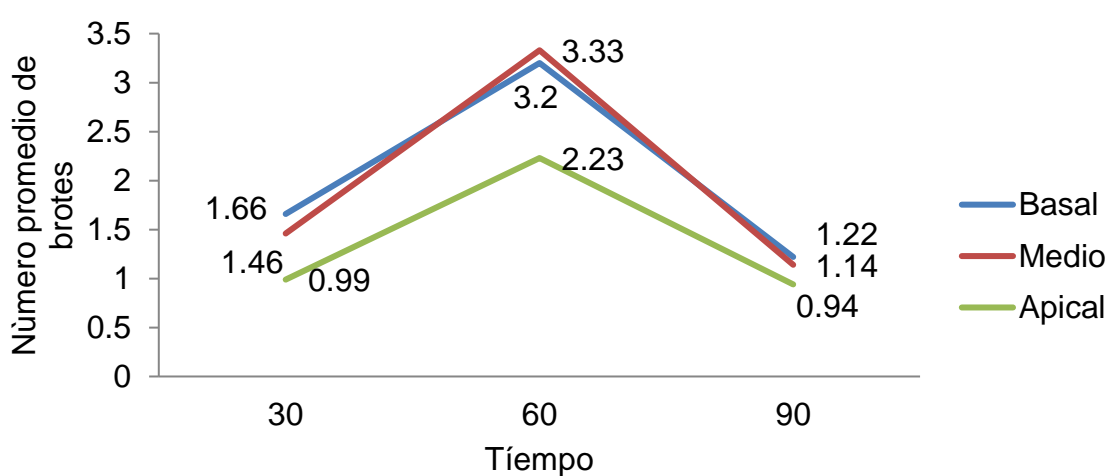


Figura 2. Variación del número en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.

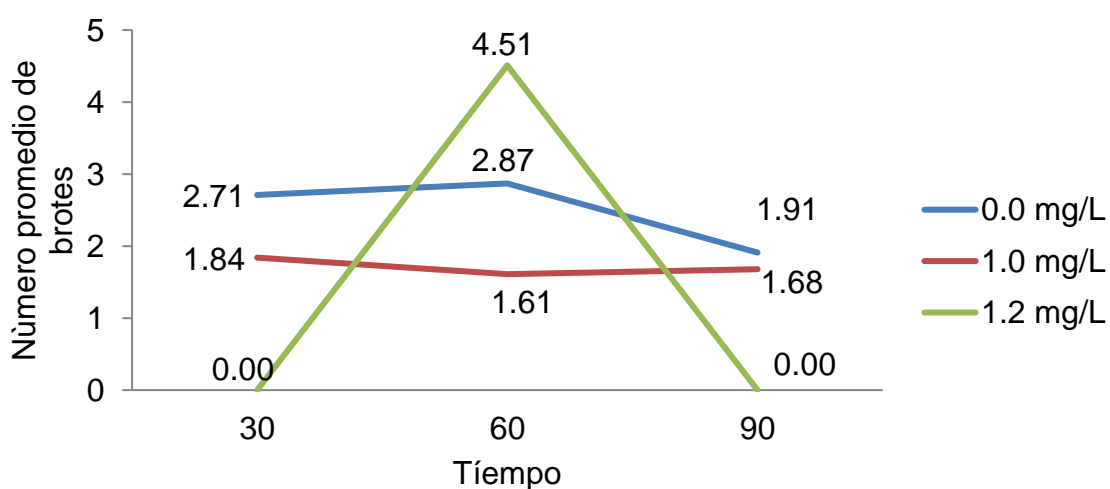


Figura 3. Variación del número en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.

Se observó una disminución escasa en la variable número promedio de brotes en la propagación hasta los primeros 90 días de evaluación, con una tasa de disminución de 0.26 brotes en todo el período; en los 60 días presentó el más alto número de brotes en promedio con 2.90 brotes; mostrando un claro incremento desde los 30 días con 1.36 brotes, para finalmente alcanzar 1.10 brotes en promedio a los 90 días de evaluación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comportamiento del número de brotes promedio por tratamiento de esquejes a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.

Tratamientos	Número de brotes (promedio)		
	Días		
	30	60	90
T <sub>1</sub>	2.19	2.40	1.92
T <sub>2</sub>	0.00	3.48	0.00
T <sub>3</sub>	3.45	3.79	2.11
T <sub>4</sub>	2.28	2.08	2.00
T <sub>5</sub>	0.00	5.87	0.00
T <sub>6</sub>	2.58	2.49	1.73
T <sub>7</sub>	1.12	0.55	1.17
T <sub>8</sub>	0.00	4.30	0.00
T <sub>9</sub>	2.17	2.40	1.91
Promedio	1.36	2.90	1.10

#### 4.2. Longitud de los brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas

Al realizar al análisis de varianza, se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (factorial)

con respecto a la longitud de brotes de esquejes de bambú, también se encuentran diferencias estadísticas entre los efectos principales (tipos de esquejes y dosis de AIB), así como para el efecto simple entre los tipos de esquejes y dosis de AIB (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza de la longitud de brote en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a 90 días de propagación.

F. V.	G. L.	C. M.	F	Significancia
A (tipo de esqueje)	2	102.2741	8.9309	S
B (dosis de AIB)	2	117.2767	10.2410	S
A x B	4	65.1500	5.6891	S
Error	36	11.4517		
Total	44			

CV (%) = 24.86

S = significancia estadística a un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

NS = No significativa

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados mostrados, las conclusiones se basan en los efectos simples, debiéndose abrir la interacción. Se observa que existe diferencia estadística, entre los tipos del factor A (tipo de esqueje) en el dosis de AIB, dosis 1.0 mg/L ( $b_2$ ). Por otra parte, al evaluarse el factor B (dosis de AIB) en los tipos de esqueje: rama basal ( $a_1$ ), rama medio ( $a_2$ ), rama apical ( $a_3$ ), solo se encuentra diferencia estadística en el tipo de rama apical (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de los efectos simples entre el tipo de esqueje y dosis de AIB (A x B) para la longitud de brotes a 90 días de propagación.

Fuentes de variación	Longitud de brotes			
	CM	FC	F	Significancia
Efectos simples del factor A				
(Tipos de esqueje)				
A en b <sub>1</sub> (dosis 0 mg/L)	21.50	1.878	3.55	NS
A en b <sub>2</sub> (dosis 1 mg/L)	206.97	18.073	3.55	S
A en b <sub>3</sub> (dosis 2 mg/L)	4.10	0.358	3.55	NS
Efectos simples del factor B				
(Dosis de AIB)				
B en a <sub>1</sub> (rama basal)	4.02	0.351	3.55	NS
B en a <sub>2</sub> (rama medio)	15.44	1.3481	3.55	NS
B en a <sub>3</sub> (rama apical)	228.12	19.919	3.55	S

S = Significativo NS = No significativo

La prueba de medias mostrada en el Cuadro 11, describe estas diferencias. Es así que cuando se utiliza como la dosis de 2.0 mg/L, se encontró que la mayor longitud de brote lo obtuvieron esquejes producidos con el tipo de esqueje rama medio que superó con énfasis con una longitud de 19.18 cm, con la dosis 0.0 mg/L, la mayor longitud de brote se encontró con el tipo de rama basal, obteniendo 15.65 cm. Finalmente, al utilizar el nivel de dosis 1.0 mg/L, la mayor longitud de brote se encontró con el tipo de rama medio, logrando 15.13 cm (Cuadro 11 y Figura 5).

Cuadro 11. Longitud de brote en esquejes a 90 días, con respecto al efecto simple del factor A (tipo de esqueje) en el factor B (dosis de AIB).

Clave	Factor A (tipo de esqueje)	Media (cm)	Significancia
A en b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> : Rama apical	13.50	a
Tipo de esqueje en 0.0 mg/L de AIB	a <sub>2</sub> : Rama medio	15.38	a
	a <sub>1</sub> : Rama basal	15.65	a
A en b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> : Rama apical	0.00	a
Tipo de esqueje en 1.0 mg/L de AIB	a <sub>1</sub> : Rama basal	13.50	b
	a <sub>2</sub> : Rama medio	15.13	b
A en b <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> : Rama basal	13.83	a
Tipo de esqueje en 2.0 mg/L de AIB	a <sub>3</sub> : Rama apical	16.31	b
	a <sub>2</sub> : Rama medio	19.18	b

(a), (b) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

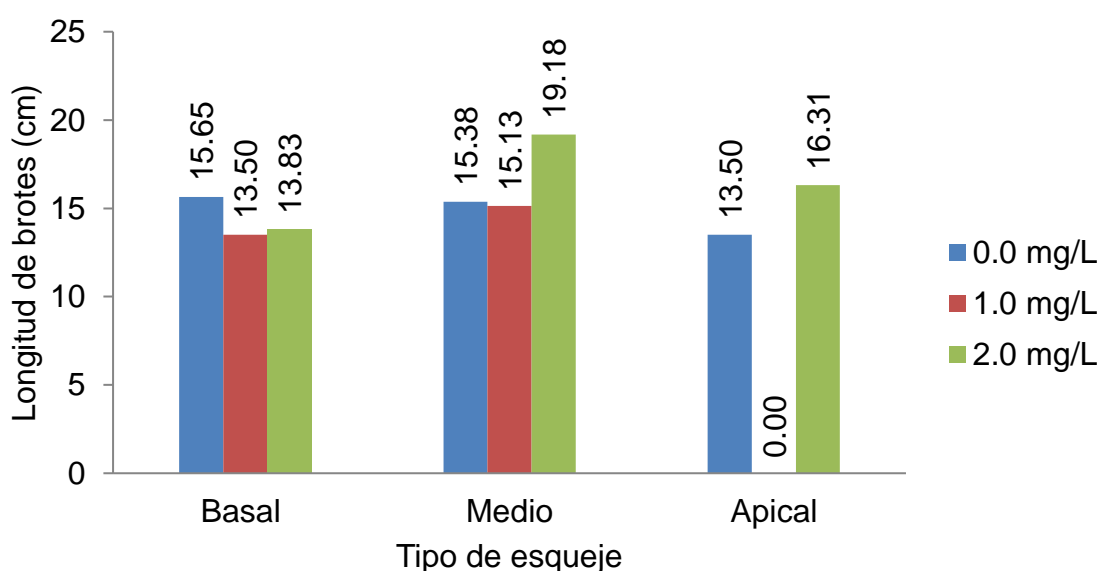


Figura 4. Efecto de la interacción del tipo de esqueje (A) en el nivel de dosis de AIB (B), con respecto a la longitud de brote en esquejes de bambú

No existen diferencias estadísticas entre los tipos de esqueje rama (rama (basal, medio y apical) por cada dosis de AIB, cuando se utilizó el tipo de rama basal, se encontró que la mayor longitud de brote lo obtuvieron con la dosis 0.0 mg/L esquejes producidos con el nivel de rama medio 19.18 cm; mientras con la dosis 1.0 mg/L alcanzó menor longitud de brote 13.50 cm.

La mayor longitud de brote se encontró al utilizar la dosis 2.0 mg/L alcanzando 16.31 cm, seguido de rama medio con 13.5 cm, y menor longitud se obtuvo con rama de nivel basal, 0.0 cm

Cuando se utilizó el tipo de esqueje rama medio la mayor longitud de brote se encontró al utilizar la dosis 2.0 mg/L, se ha obtenido con 19.18 cm, seguido de dosis 0.0 mg/L con 15.38 cm, y la menor longitud alcanzó la dosis de AIB de 1.0 mg/L con una longitud de 15.13 cm (Cuadro 12).

Cuadro 12. Longitud de brote a 90 días de la propagación, con el efecto simple del factor B (dosis de AIB) en el factor A (tipo de esqueje).

Clave	Factor B (dosis de AIB)	Media (cm)	Significancia
B en a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub> : 1.0 mg/L	13.50	a
	b <sub>3</sub> : 2.0 mg/L	13.80	a
	b <sub>1</sub> : 0.0 mg/L	15.65	a
B en a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub> : 1.0 mg/L	15.13	a
	b <sub>1</sub> : 0.0 mg/L	15.38	a
	b <sub>3</sub> : 2.0 mg/L	19.18	a
B en a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub> : 1.0 mg/L	0.00	a
	b <sub>1</sub> : 0.0 mg/L	15.50	b
	b <sub>3</sub> : 2.0 mg/L	16.31	b

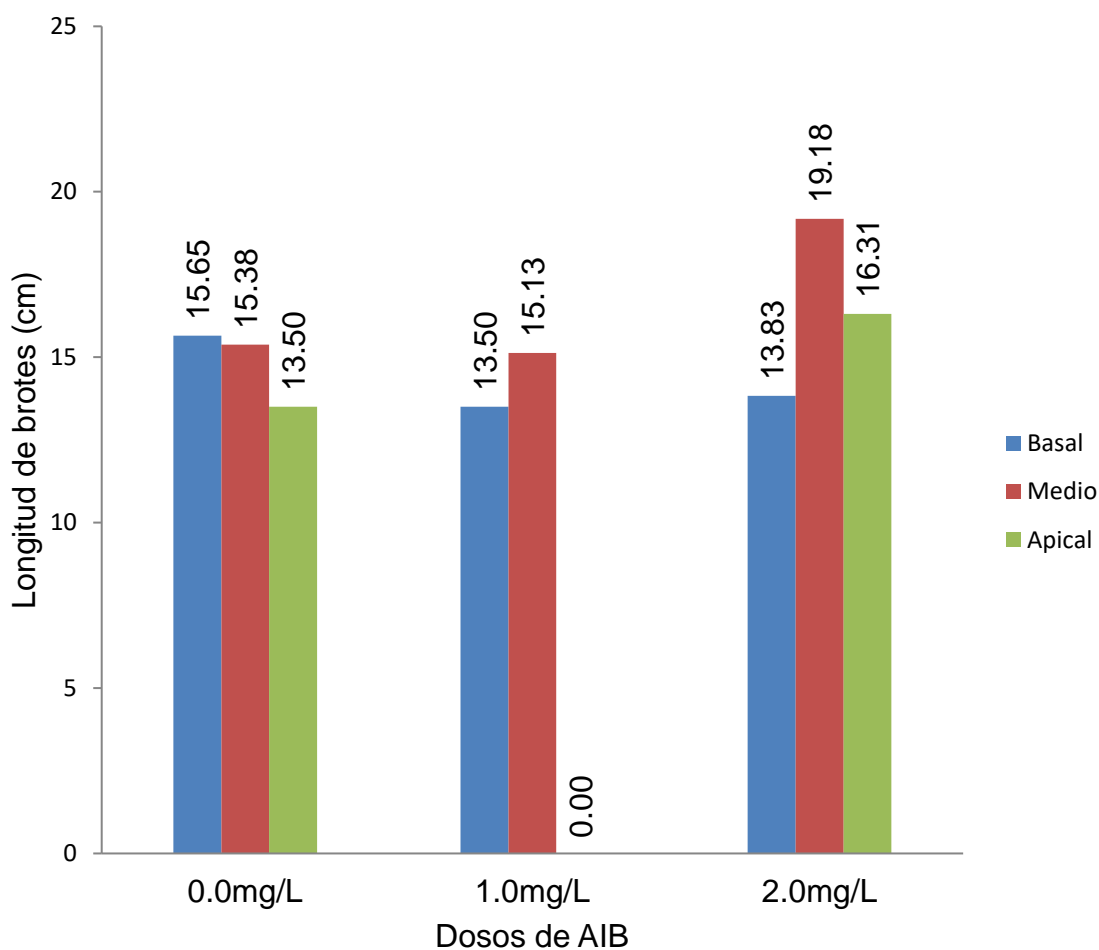


Figura 5. Efecto de la interacción de dosis de AIB (B) en los tipo de esqueje (A), con respecto a la longitud de brote en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) a 90 días de la propagación.

Se observa la variación de la longitud de brote según el período de evaluación realizada, por cada factor (tipo de esqueje y dosis de AIB); a los 30 días se ha obtenido un 6.15 cm en rama basal, 8.00 cm en rama medio y 5.29 cm en rama apical; en cambio a los 60 días un 10.52 cm en rama basal, 12.02 cm en rama medio y 8.26 cm en rama apical. Finalmente, a los 90 días en promedio 14.33 cm, 16.56 cm, 9.94 cm, en los tres tipos respectivamente (Cuadro 13 y Figura 6).



Cuadro 13. Evolución de la longitud promedio de brotes, según el período de evaluación de bambú (*Guadua angustifolia* kunth)

Factores	Niveles	Longitud de brote cm (promedio)		
		Días		
		30	60	90
(A) Tipo de esqueje	Rama basal	6.15	10.52	14.33
	Rama medio	8.00	12.02	16.56
	Rama apical	5.29	8.26	9.94
(B) Dosis de AIB	0.0 mg/L	5.04	9.61	14.84
	1.0 mg/L	2.17	7.91	9.54
	2.0 mg/L	12.23	13.28	16.44

Para el factor de dosis de AIB, se observó que a los 30 días se ha logrado una longitud de 5.04 cm con 0.0 mg/L, 2.17 cm con 1.0 mg/L y 12.23 cm con 2.0 mg/L; en cambio a los 60 días se lograron una longitud de 9.61 cm, 7.91 cm y 13.28 cm, respectivamente, utilizando dosis de AIB. Finalmente, a los 90 días se logró una longitud de 14.84 cm, 9.54 cm y 16.44 cm, en los tres dosis de AIB, respectivamente (Cuadro 14 y Figura 7).

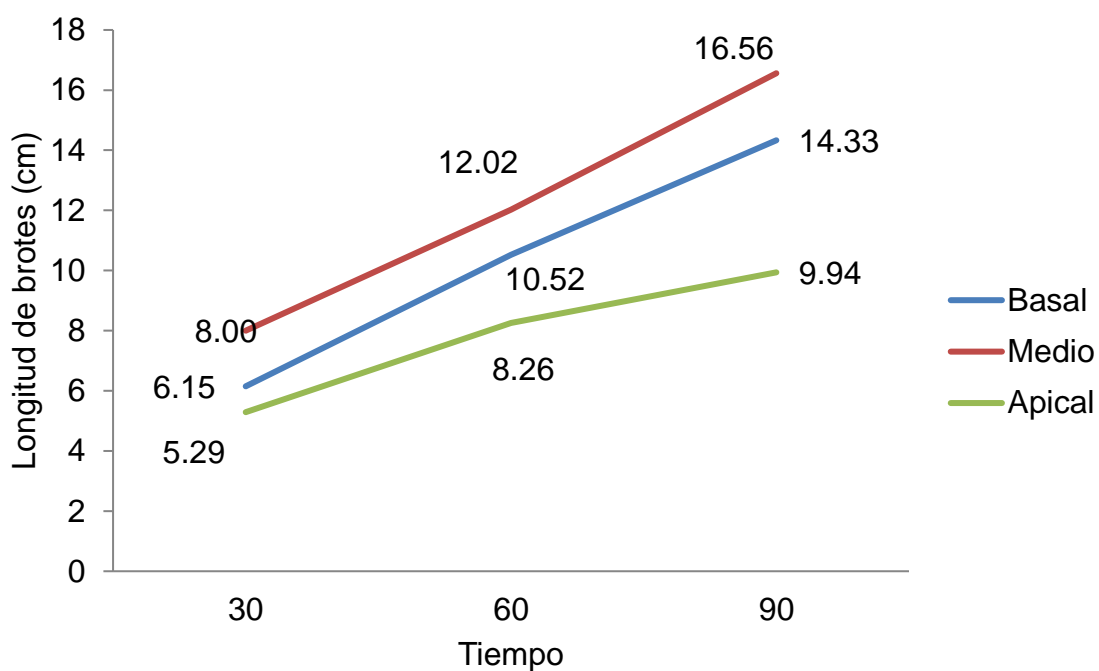


Figura 6. Variación de la longitud de brotes en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.

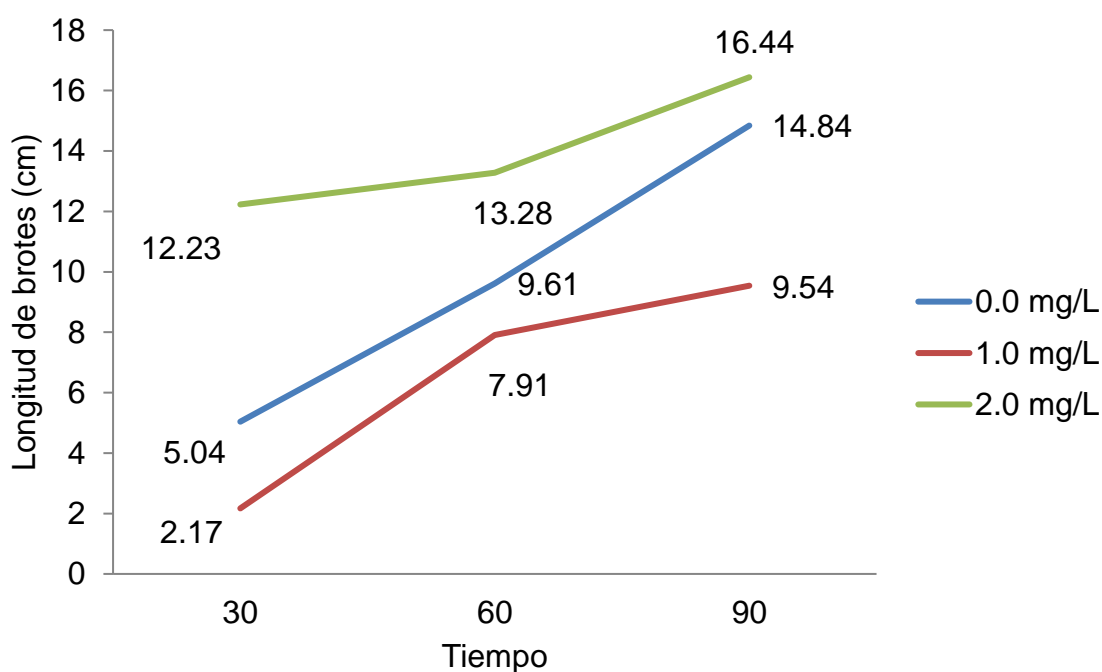


Figura 7. Variación de la longitud de brote en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.

Se observa un incremento en la longitud promedio de brote en esqueje de bambú hasta los primeros 90 días de evaluación, con una tasa de aumento de 7.13 cm en todo el período; en los 90 días se presentó la mayor longitud en promedio con 13.61 cm; mostrando un claro aumento desde los 30 y 60 días con 7.13 y 3.34 cm respectivamente (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comportamiento de la longitud de brote por tratamiento de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.

Tratamientos	Longitud de brote cm (promedio)		
	Días		
	30	60	90
T1	3.28	9.83	13.50
T2	9.74	11.54	13.83
T3	5.43	10.20	15.65
T4	2.03	10.91	15.13
T5	16.62	14.84	19.18
T6	5.36	10.31	15.38
T7	1.20	3.00	0.00
T8	10.32	13.45	16.31
T9	4.35	8.33	13.50
Promedio	6.48	10.27	13.61

#### 4.3. Número de hojas por esqueje de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas

El análisis de varianza del número de hojas por esqueje en esquejes de bambú, presentó diferencias estadísticas significativas ( $\alpha = 0.05$ ), respecto al factor B (dosis de AIB) y para el factor A (tipo de esqueje). Sin embargo para la interacción (A x B), no existieron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza del número de hojas de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a 90 días de propagación.

F. V.	G. L.	C. M.	F	Significancia
A (tipo de esqueje)	2	2.7062	50.2422	S
B (dosis de AIB)	2	1.3972	25.9404	S
A x B	4	0.1274	2.3654	NS
Error	36	0.0539		
Total	44			

CV (%) = 10.015

S = significancia estadística a un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

NS = No significativa

Al realizar el análisis de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), del factor tipo de esqueje, se observó que las tres tipos de esqueje fueron estadísticamente diferentes o significativo en la variable número de hojas en esqueje de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth),

Siendo el tipo de esqueje rama medio la que presentó mayor promedio en número de hojas con 6.62 hojas a los 90 días después de la propagación, seguido por el tipo de esqueje rama basal con un promedio de 5.20 hojas y el menor número de hojas lo tuvo el tipo de esqueje de rama apical con 1.89 hojas en promedio (Cuadro 16).

Cuadro 16. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el número de hojas en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 90 días de propagación.

Tipo de esqueje	Media	Significancia
Rama apical	1.89	a
Rama basal	5.20	b
Rama medio	6.62	c

(a), (b) y (c) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

Al realizar el análisis de medias del factor dosis de AIB, se observó que los tres dosis de AIB fueron estadísticamente diferentes en la variable número de hojas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), siendo el nivel de dosis de 2.0 mg/L la que presentó mayor número de hojas con 5.86 a los 90 días después de la propagación, seguido por el nivel de 0.0 mg/L con 5.05 hojas y el menor número de hojas lo obtuvo el nivel de dosis de 1.0 mg/L, con 2.50 hojas (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor dosis de AIB sobre el número de hojas en esquejes de bambú

Dosis de AIB	Media	Significancia
1.0 mg/L	2.50	a
0.0 mg/L	5.05	b
2.0 mg/L	5.86	b

(a), (b) Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

Se confirma la existencia de diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre los tipos de esqueje rama basal, medio y apical; estadísticamente diferentes entre ellas ( $\alpha = 0.05$ ). Se mostró la existencia de diferencias significativas entre las dosis de AIB, siendo los niveles de la 2.0 mg/L y 0.0 mg/L los que presentaron diferencias frente a 1.0 mg/L (Figura 8).

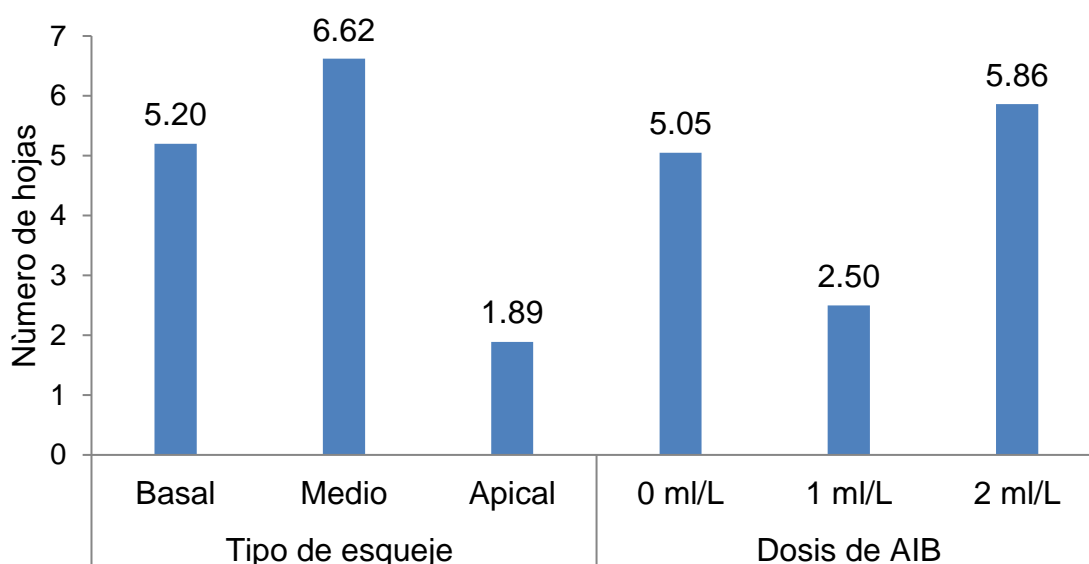


Figura 8. Efecto principal del número de hojas, entre los tipos de esqueje y las dosis de AIB en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

Existen diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en el porcentaje de número de hojas en esquejes de bambú entre los nueve tratamientos, a los 90 días de evaluación, siendo los tratamientos (T<sub>6</sub> y T<sub>4</sub>) los que presentaron 8.49 y 6.78 hojas en promedio, siendo los superiores respectivamente (Cuadro 18 y Figura 9).

Cuadro 18. Prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de los tratamientos sobre el número de hojas en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

Tratamiento	Tipo de esqueje	Dosis de AIB	Media	Significancia
T <sub>8</sub>	Rama apical	Dosis 1.0 mg/L	0.00	a
T <sub>7</sub>	Rama apical	Dosis 0.0 mg/L	2.88	a b
T <sub>9</sub>	Rama apical	Dosis 2.0 mg/L	3.58	b
T <sub>2</sub>	Rama basal	Dosis 1.0 mg/L	3.93	b c
T <sub>5</sub>	Rama medio	Dosis 1.0 mg/L	4.76	b c d
T <sub>1</sub>	Rama basal	Dosis 0.0 mg/L	5.81	c d e
T <sub>3</sub>	Rama basal	Dosis 2.0 mg/L	6.02	d e
T <sub>4</sub>	Rama medio	Dosis 0.0 mg/L	6.78	e
T <sub>6</sub>	Rama medio	Dosis 2.0 mg/L	8.49	f

(a), (b), (c), (d), (e), (f) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

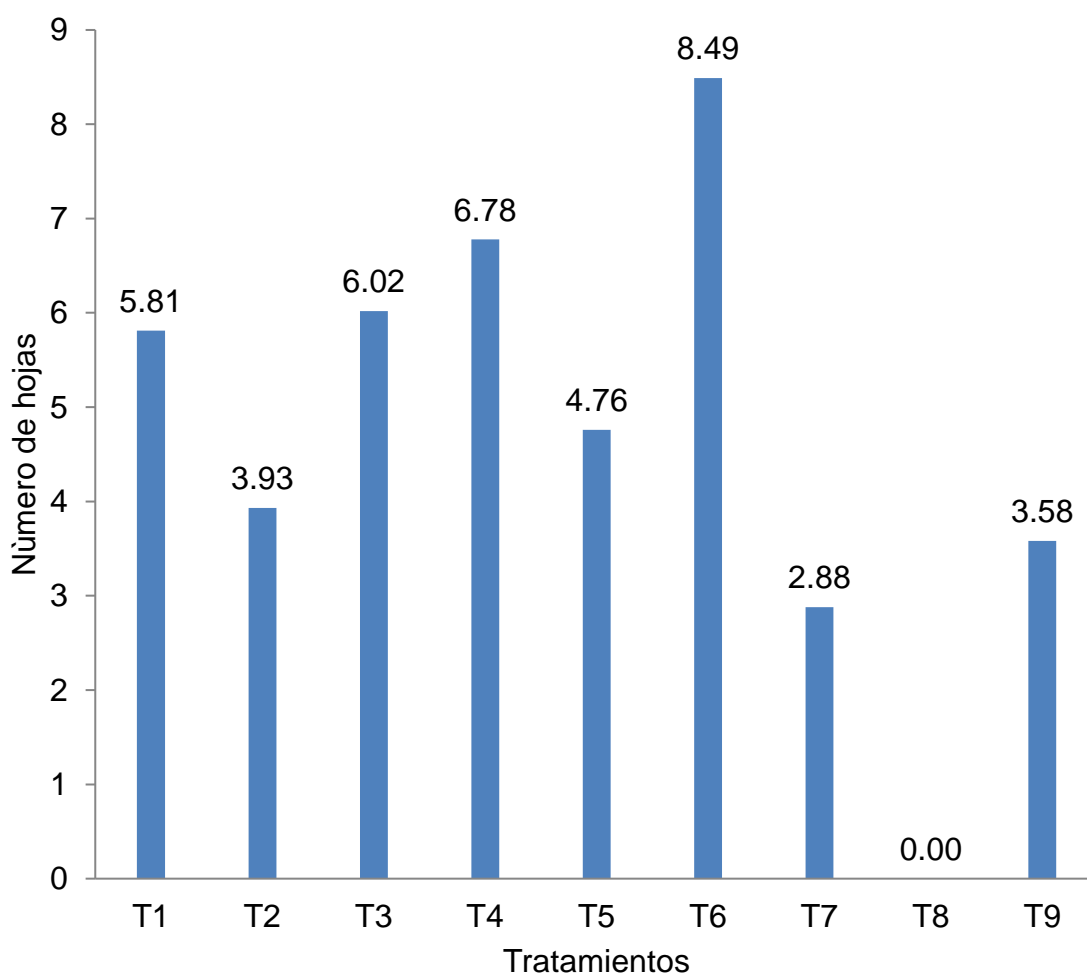


Figura 9. Efectos principales del número de hojas por tratamientos en la propagación de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 90 días de propagación.

Se observó la variación del número de hojas según el período de evaluación, por cada factor (tipo de esqueje y dosis de AIB); al periodo de 30 días se obtuvo en la variable número de hojas, un 3.46 hojas con rama basal, 3.52 hojas con rama medio y 2.13 hojas con rama apical hojas, posteriormente a los 60 días un 7.49, 7.78 y 3.82 hojas respectivamente; y finalmente al periodo de 90 días se observó un 5.21, 6.16 y 1.90 hojas en promedio respectivamente, en los tres tipos de esqueje (Cuadro 19 y Figura 10).



Cuadro 19. Evolución del número promedio de hojas de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación, según el período de evaluación.

Factores	Niveles	Número de hojas (promedio)		
		Días		
		30	60	90
Tipo de esqueje (A)	Rama basal	3.46	7.49	5.21
	Rama medio	3.52	7.78	6.16
	Rama apical	2.13	3.82	1.90
Dosis de AIB (B)	Dosis 0.0 mg/L	2.99	6.56	4.65
	Dosis 1.0 mg/L	1.86	3.31	2.51
	Dosis 2.0 mg/L	4.38	9.56	5.88

En el caso para el factor de dosis de AIB, se observó que a los 30 días se obtuvo 2.99 hojas con 0.0 mg/L, 1.86 hojas con 1.0 mg/L y 4.38 hojas; con 2.0 mg/L, a los 60 días un 6.56, 3.31 y 9.56 hojas; y finalmente a los 90 días un 4.65, 2.51 y 5.88 hojas, en las tres dosis de AIB, respectivamente (Cuadro 27 y Figura 10).

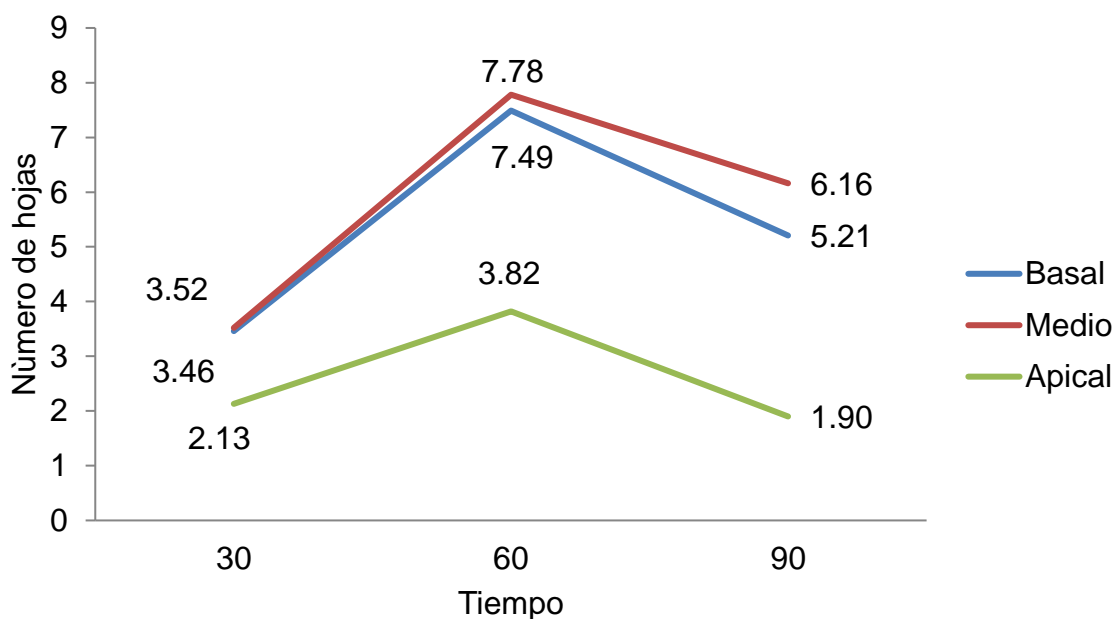


Figura 10. Variación del número promedio de hojas en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.

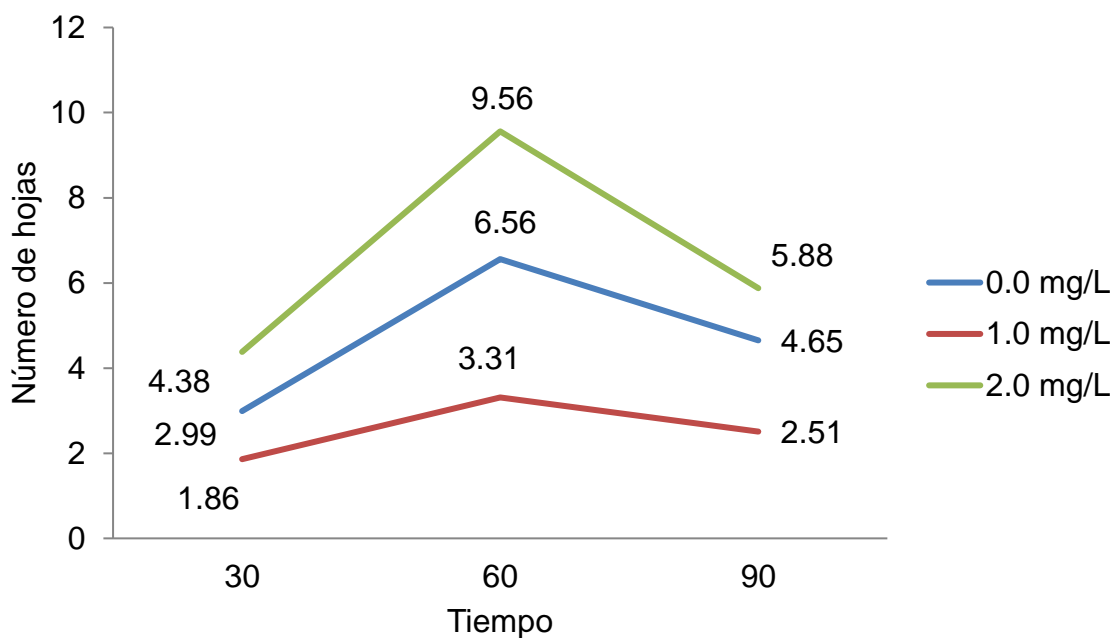


Figura 11. Variación del número promedio de hojas en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.

Se observa una disminución escasa en el número promedio de hojas en esqueje de bambú desde los 60 hasta los 90 días de evaluación; sin embargo, presenta una tasa de aumento de 1.24 hojas en todo el período; en los 60 días se presentó el más alto número de hojas en promedio con 6.24 hojas; mostrando un claro aumento desde los 30 días con 3.01 hojas, para finalmente alcanzar 4.25 hojas en promedio a los 90 días (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comportamiento del número promedio de hojas, por tratamiento de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.

Tratamientos	Número de hojas (promedio)		
	Días		
	30	60	90
T <sub>1</sub>	3.00	4.87	3.91
T <sub>2</sub>	3.48	10.27	6.03
T <sub>3</sub>	3.93	7.76	5.82
T <sub>4</sub>	2.35	3.87	4.77
T <sub>5</sub>	5.87	13.79	8.48
T <sub>6</sub>	2.73	7.06	5.48
T <sub>7</sub>	0.55	1.55	0.00
T <sub>8</sub>	3.93	5.47	3.57
T <sub>9</sub>	2.40	4.99	2.89
Promedio	3.01	6.24	4.25

#### 4.4. Supervivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas

En el análisis de varianza de la variable porcentaje de supervivencia de brotes de yemas en el esqueje de bambú, presentó diferencias estadísticas significativas ( $\alpha = 0.05$ ), es decir tuvieron efectos diferentes con respecto al factor B (dosis de AIB); sin embargo, para tipo de esqueje (A) y la interacción (A x B), no existieron diferencias estadísticas significativas, es decir que sus efectos fueron iguales (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia de yemas de brotes (%) de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a 90 días de propagación.

F. V.	G. L.	C. M.	F	Significancia
A (tipo de esqueje)	2	1525.926	5.150	NS
B (dosis de AIB)	2	6325.926	23.350	S
A x B	4	281.481	0.950	NS
Error	36	296.296		
Total	44			

CV (%) = 30.17

S = significancia estadística a un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

NS = No significativa

Al realizar el análisis de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del factor tipo de esqueje, se observó que los tres tipos de esqueje fueron estadísticamente diferentes en el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), siendo el tipo de esqueje rama basal la que presentó mayor sobrevivencia con un promedio de 66.67% a los 90 días después de la propagación, seguido por el tipo de esqueje rama medio 62.22% y el menor porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas ha tenido el esqueje de rama apical 42.22% (Cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para el efecto principal del factor tipo de esqueje sobre el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%) de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), a los 90 días de propagación.

Tipo de esqueje	Media (%)	Significancia
Rama apical	42.22	a
Rama medio	62.22	b
Rama basal	66.67	b

(a), (b) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

En las tres dosis de AIB fueron estadísticamente diferentes, siendo el nivel de la 2.0 mg/L el que presentó mayor sobrevivencia promedio con (Cuadro 23).

Cuadro 23. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el efecto del factor dosis de AIB sobre el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%) a 90 días

Dosis de AIB	Media (%)	Significancia
1.0 mg/L	26.67	a
0.0 mg/L	68.89	b
2.0 mg/L	75.56	b

(a), (b) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

Existe diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre los tipos de esqueje basal, medio con apical. También hay diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre las dosis de AIB, siendo las dosis de 2.0 mg/L y 0.0 mg/L los que resaltaron frente a la dosis de AIB de la 1.0 mg/L (Figura 12).

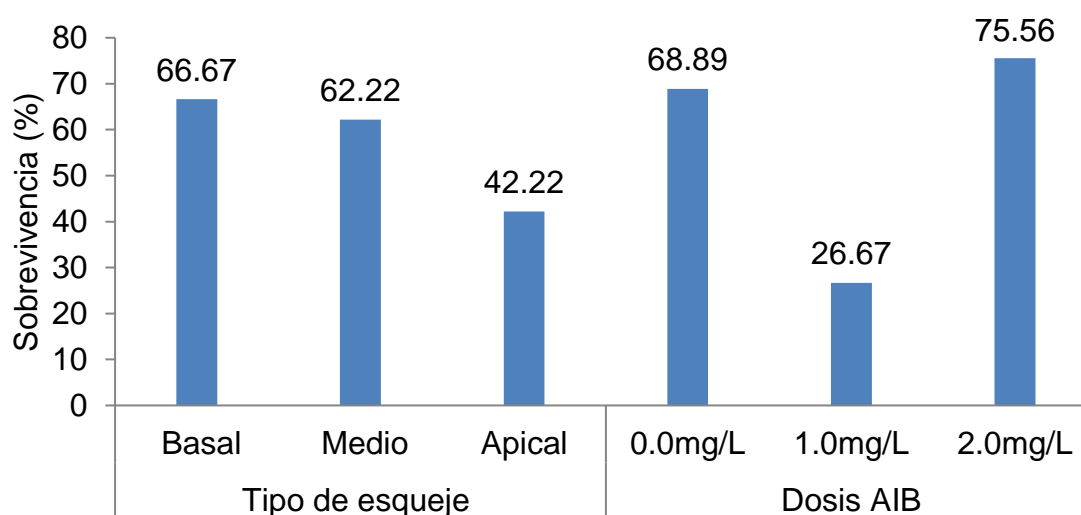


Figura 12. Efecto principal del porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%), entre los tipos de esqueje y las dosis de AIB en bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

Al realizar la comparación de medias de los tratamientos, se observa diferencias entre los tratamientos, siendo T<sub>6</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> (esqueje rama medio + dosis de 2.0 mg/L, esqueje rama basal + dosis 0.0 mg/L, esqueje rama basal + dosis 2.0 mg/L) respectivamente, los que obtuvieron mayor promedio en sobrevivencia del brote de yemas (Cuadro 24 y Figura 13).

Cuadro 24. Prueba Tukey de los tratamientos sobre la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

Tratamiento	Tipo de esqueje	Dosis de AIB	Medias (%)	Significancia
T <sub>8</sub>	Rama apical	Dosis 1.0 mg/L	00.00	a
T <sub>2</sub>	Rama basal	Dosis 1.0 mg/L	40.00	b
T <sub>5</sub>	Rama medio	Dosis 1.0 mg/L	40.00	b
T <sub>7</sub>	Rama apical	Dosis 0.0 mg/L	60.00	b c
T <sub>9</sub>	Rama apical	Dosis 2.0 mg/L	66.67	b c
T <sub>4</sub>	Rama medio	Dosis 0.0 mg/L	66.67	b c
T <sub>3</sub>	Rama basal	Dosis 2.0 mg/L	80.00	c
T <sub>1</sub>	Rama basal	Dosis 0.0 mg/L	80.00	c
T <sub>8</sub>	Rama medio	Dosis 2.0 mg/L	80.00	c

(a), (b), (c) letras diferentes muestran diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ).

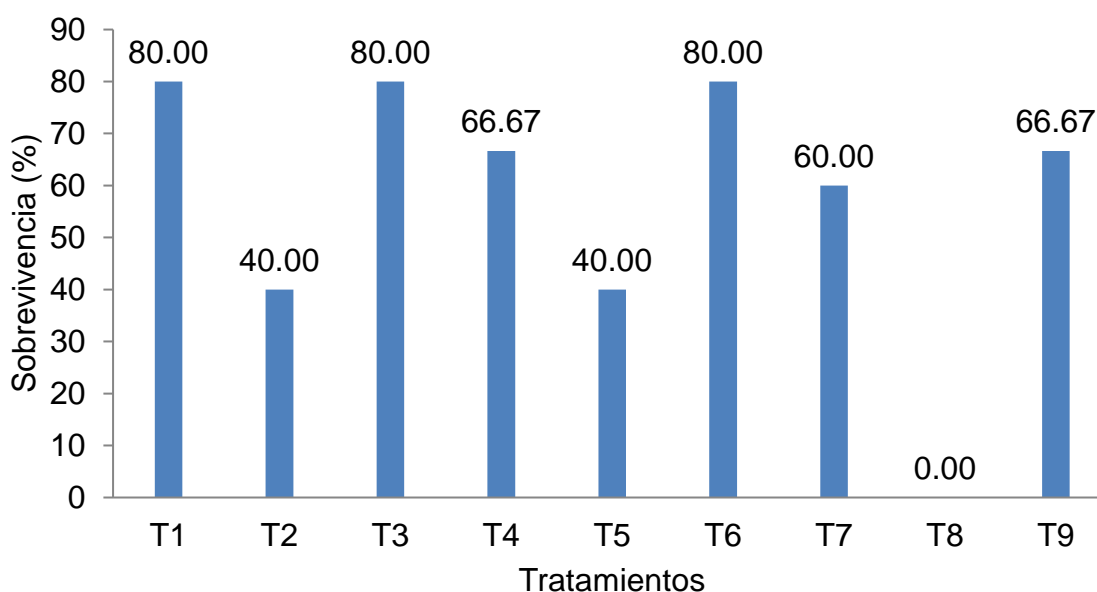


Figura 13. Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio por tratamientos, a los 90 días de propagación.

Existen diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en el porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio de propagación de bambú entre cuatro grupos de tratamientos, a los 90 días de evaluación, el primer grupo de tratamientos (T<sub>6</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>) presentaron 80.00%, respectivamente; seguido del segundo grupo (T<sub>4</sub>, T<sub>9</sub> y T<sub>7</sub>) con, 66.67%, 66.67% y 60.00% y finalmente, seguido del tercer grupo (T<sub>5</sub> y T<sub>2</sub>) con 40.00% cada uno y el tratamiento del cuarto grupo (T<sub>8</sub>) con 0.00% de sobrevivencia de brotes de yemas (Figura 13).

Se observa la variación de la sobrevivencia de brotes de yemas según el período de evaluación realizada, por cada factor (tipo de esqueje y dosis de AIB).

A los 30 días se obtuvo un 77.67%, 66.67% y 44.56% de sobrevivencia de brotes de yemas con el tipo rama basal, rama medio y rama



apical respectivamente; a los 60 días un 71.11%, 64.44% y 44.44%; y finalmente a los 90 días un 66.67%, 62.22% y 42.22%, en las tres tipos, respectivamente (Cuadro 25 y Figura 14).

Cuadro 25. Evolución del porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio (%), según el período de evaluación (días).

Factores	Niveles	Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%)		
		Días		
		30	60	90
Tipo de esqueje (A)	Rama basal	77.67	71.11	66.67
	Rama medio	66.67	64.44	62.22
	Rama apical	44.56	44.44	42.22
Dosis de AIB (B)	Dosis 0.0 mg/L	75.56	68.89	68.89
	Dosis 1.0 mg/L	33.22	33.33	26.67
	Dosis 2.0 mg/L	80.11	77.78	75.56

Luego de cada evaluación con dosis de AIB a los 30 días se obtuvo un 75.56%, 33.22% y 80.11%, respectivamente; a los 60 días un 68.89%, 33.33% y 77.78%; y finalmente a los 90 días un 68.89%, 26.67% y 75.56%, en los tres dosis de AIB, respectivamente (Cuadro 25 y Figura 14).

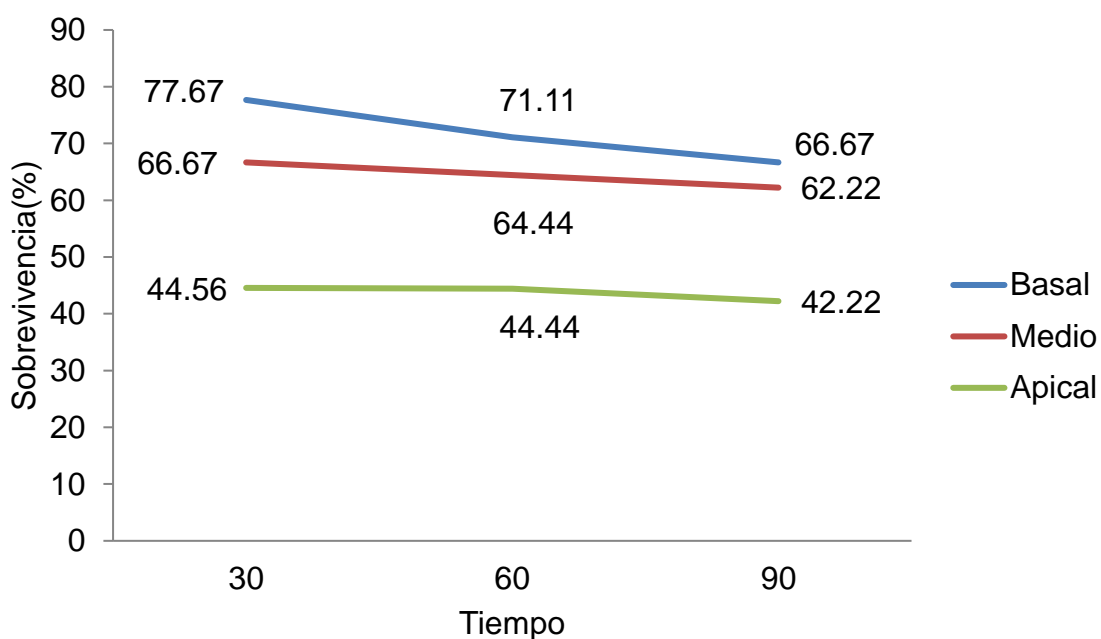


Figura 14. Supervivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según tipo de esqueje.

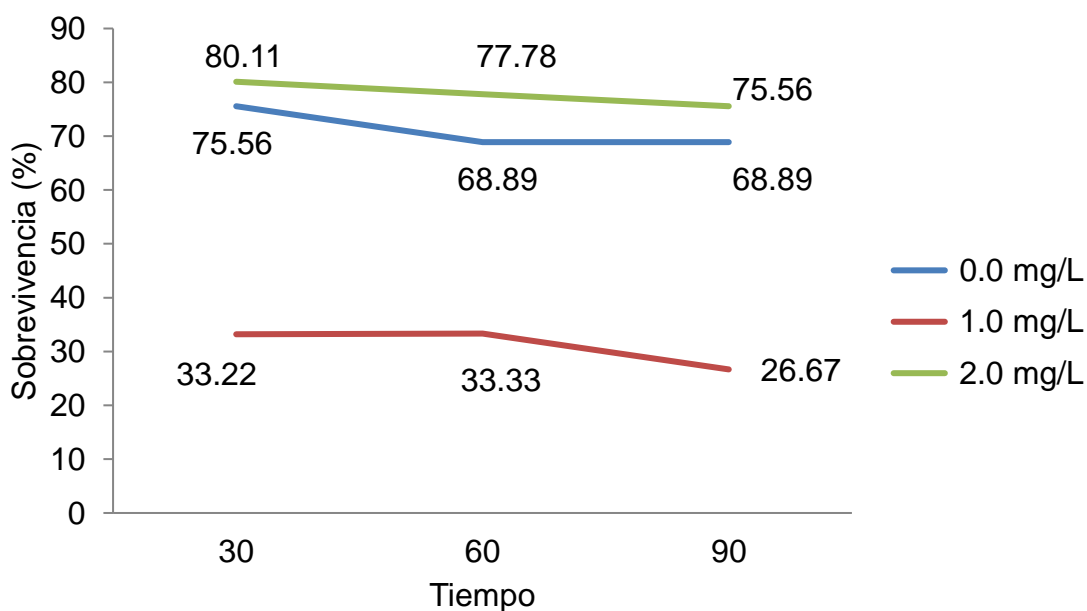


Figura 15. Supervivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), por tiempo de evaluación según dosis de AIB.

En los primeros 30 días se presentó el más alto porcentaje de sobrevivencia promedio con 62.96%; disminuyendo a 60.00% a los 60 días para finalmente alcanzar 57.04% de porcentaje de sobrevivencia promedio; siendo mínimas las tasas de disminución promedio en ambos periodos de 2.96% (Cuadro 26).

Cuadro 26. Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas promedio (%) por tratamiento de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth, a los 30, 60 y 90 días después de la propagación.

Tratamientos	Porcentaje de sobrevivencia de brotes de yemas (%)		
	Días		
	30	60	90
T <sub>1</sub>	53.00	53.33	40.00
T <sub>2</sub>	93.33	86.67	80.00
T <sub>3</sub>	86.67	73.33	80.00
T <sub>4</sub>	40.00	40.00	40.00
T <sub>5</sub>	80.00	80.00	80.00
T <sub>6</sub>	80.00	73.33	66.67
T <sub>7</sub>	6.67	6.67	0.00
T <sub>8</sub>	67.00	66.67	66.67
T <sub>9</sub>	60.00	60.00	60.00
Promedio	62.96	60.00	57.04

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Número de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas

La investigación demuestra que el tipo de esqueje rama basal fue la que presentó mayor promedio con 1.22 brotes a los 90 días después de la propagación, seguido por el tipo de esqueje rama apical con 1.13 brotes y el menor número de brotes alcanzó el tipo de esqueje de rama medio con 0.94 brotes. Además indica que con respecto a la dosis de AIB, fue el nivel de dosis 1.0 mg/L el que presentó mayor número de brotes con 1.91 a los 90 días después de la propagación, seguido por el nivel de 2.0 mg/L con 1.69 brotes, y el menor número de brotes alcanzó el nivel de 0.0 mg/L con ningún brote, estos datos demuestran la aparición de brotes por la acción del AIB, debido que es difícil sin la acción de esta hormona, LÓPEZ (2011) menciona que, en una investigación con (*Bambusa balcooa*) reportaron dificultades para lograr la brotación de yemas axilares de las varas, sin registrar los índices de multiplicación.

Además, se observa la variación del número de brotes según el período de evaluación realizada por cada factor (tipo de esqueje y dosis de AIB). A los 30 días de evaluación se obtuvo 1.66, 1.46, 0.99 brotes con el tipo rama basal, medio y apical respectivamente; en cambio a los 60 días logró 3.20, 3.33 y 2.23 brotes y a los 90 días 1.22, 1.14 y 0.94 brotes en promedio

respectivamente esto se debe a que la mayoría de los brotes sales a partir de los 30 días en promedio, GARCÍA *et al.*, (2011) indican que, los nuevos brotes se pueden empezar a observar entre la segunda y cuarta semana; y LARRAGA *et al.*, (2011) mencionan que, el género *Guadua* presenta un comportamiento radical que le permite producir brotes de cada 15 a 20 días.

## **5.2. Longitud de los brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas**

El estudio permitió observar la variación de las dosis de AIB, el cual tuvo un impacto significativo, puesto que cuando se utiliza la dosis de 2.0 mg/L se encontró que la mayor longitud de brote lo obtuvieron esquejes producidos con el tipo de esqueje rama medio (T<sub>6</sub>), que superó en énfasis con una longitud de 19.18 cm. Por otra parte con la dosis 0.0 mg/L la mayor longitud de brote se encontró con el tipo de rama basal (T<sub>1</sub>), obteniendo 15.65 cm. Finalmente, al utilizar el nivel de dosis 1.0 mg/L la mayor longitud de brote se encontró con el tipo de rama medio (T<sub>5</sub>), logrando 15.13 cm, este comportamiento puede deberse a los componentes nutritivos de la especie, GARCÍA *et al.*, (2011) mencionan que, los bambúes de pared gruesa como (*Dendrocalamus asper*) poseen una mayor emisión de brotes y mejor enraizamiento probablemente debido a una mayor reserva de nutrientes; y por lo tanto propios del mismo esqueje, GALLARDO (2008) afirma que, el crecimiento y desarrollo de los brotes obtenidos a través de las estacas de bambú es atribuido al contenido de reservas de las estacas. Debido a ello, el método utilizado en la investigación es muy precisa en términos de resultados, CATASUS (2003) denota que, para las especies del género *Guadua*, *Bambusa* y *Dendrocalamus* el método de

propagación más apropiada es el que utiliza como propágulo secciones de ramas con uno o dos nudos (varetas o segmentos nodales).

### **5.3. Número de hojas por esqueje de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas**

Al analizar la variable número de hojas en esqueje de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), el factor tipo de esqueje mostró buenos resultados siendo el tipo de esqueje rama medio la que presentó mayor promedio en número de hojas con 6.62 hojas a los 90 días después de la propagación, seguido por el tipo de esqueje rama basal con un promedio de 5.20 hojas, y el menor número de hojas lo obtuvo por último el tipo de esqueje de rama apical con 1.89 hojas en promedio. De igual manera la variable dosis de AIB siendo el nivel de dosis de 2.0 mg/L la que presentó mayor número de hojas con 5.86 a los 90 días después de la propagación, seguido por el nivel de 0.0 mg/L, con 5.05 hojas y el menor número de hojas lo obtuvo el nivel de dosis de 1.0 mg/L con 2.50 hojas; estos datos fueron mínimos debido que contrasta con los encontrados por GIRALDO y SABOGAL (2007) quienes señalan que, a los 60 días el chusquin debe presentar de 10 a 12 hojas, momento recomendable para el trasplante. Mientras que HASAN *et al.* (1976) mencionan que, las varetas deben de mantenerse de 20 a 24 meses en condiciones de vivero, antes de su completo desarrollo para el trasplante. Debido a ello, es importante mencionar que no se reporta el número de hojas que debe contener, porque no se considera como un indicador confiable de propagación, y su dependencia se basa principalmente en la edad de los propágulos (chusquin, vareta o segmento nodal).

#### **5.4. Supervivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo diferentes tipos de esquejes y hormonas**

En el estudio, el tipo de esqueje rama basal la que presentó mayor supervivencia de brotes de yemas con un promedio de 66.67% a los 90 días después de la propagación, seguido por el tipo de esqueje rama medio 62.22% y el menor porcentaje de supervivencia ha tenido el esqueje de rama apical 42.22%; de igual manera, los resultados obtenidos por las dosis de AIB fueron estadísticamente diferentes en el porcentaje de supervivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), siendo el nivel de la 2.0 mg/L el que presentó mayor supervivencia de brotes de yemas con un promedio de 75.56% a los 90 días después de la propagación, seguido por el nivel de 0.0 mg/L 68.89% y el menor porcentaje de supervivencia de brotes de yemas ha tenido el nivel de la 1.0 mg/L, con 26.67%; estos resultados muestran que tardan mucho en tener un prendimiento significativo, aproximadamente entre 90 días; tal y como lo indica CATASUS (2003) al referirse a *B. oldhamii* que, utilizó como propágulos a la vareta y segmentos nodales, los cuales tardan tres meses para su prendimiento en condiciones controladas y cuatro en condiciones de campo abierto, es decir esta especie requiere de altas temperaturas para poder entrar a un proceso de enraizamiento . Por otro lado las muertes son provocados por la necrosis por infección de bacterias propias del ambiente, JIMÉNEZ *et al.* (2006), menciona que, la necrosis de yemas provoca en los primeros seis meses la muerte de la planta, reflejando con esto que el uso de vareta o segmento nodal no influye en el porcentaje de supervivencia y propagación del bambú.

Estos datos también se deben a que se trabaja con una especie difícil de manejar, atribución que confirma VELA (1982) y GALLARDO (2008) que, el mejor método de propagación del *B. vulgaris* es por medio de varas con una o dos yemas visibles y que el método por estacas en bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), no es muy usado por los bajos porcentajes de brotación de yemas y prendimiento.



## VI. CONCLUSIONES

1. En el tipo de esqueje de rama basal fue la que presentó mayor promedio con 1.22 brotes a los 90 días, seguido el esqueje de rama apical con 1.13 brotes y rama medio con 0.94 brotes, con la dosis de AIB la dosis 1.0 mg/L el que presentó 1.91 brotes a los 90 días, seguido del 2.0 mg/L con 1.69 y 0.0 mg/L con ningún brote.
2. Las dosis de AIB fueron significativos, puesto que a 2.0 mg/L se encontró que la mayor longitud de brote lo obtuvieron esquejes de rama medio (T<sub>6</sub>) con 19.18 cm, con la dosis 0.0 mg/L el esqueje de rama basal (T<sub>1</sub>) obteniendo 15.65 cm, con la dosis 1.0 mg/L, la mayor longitud de brote se encontró con el tipo de rama medio (T<sub>5</sub>), logrando 15.13 cm.
3. En la variable número de hojas el tipo de esqueje rama medio tuvo 6.62 hojas a 90 días, el de rama basal 5.20 hojas y el de rama apical con 1.89 hojas en promedio, con el factor dosis de AIB la dosis de 2.0 mg/L presentó mayor número de hojas con 5.86 a los 90 días el 0.0 mg/L con 5.05 hojas y la dosis 1.0 mg/L con 2.50 hojas.
4. En la sobrevivencia de brotes de yemas la rama basal obtuvo un 66.67% a 90 días, el de rama medio 62.22% y el de rama apical 42.22%; en las dosis de AIB el de 2.0 mg/L presentó 75.56% de sobrevivencia a 90 días, el de 0.0 mg/L 68.89% y el de 1.0 mg/L obtuvo 26.67%.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Para la propagación se recomienda utilizar la dosis 2.0 mg/L o 200ppm, por lo que presentó mayor efectividad en cuanto al desarrollo de los brotes, el aumento de hojas y la sobrevivencia de brotes de yemas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) en los diferentes tipos de esquejes.
2. Para la propagación del bambú (*Guadua angustifolia* kunth), el tipo de esqueje se recomienda utilizar la rama basal ya que se encontró mayor cantidad de brotes y sobrevivencia de brotes de yemas, mientras que para obtener mayor cantidad de hojas y longitudes es preferible utilizar ramas medios.
3. El bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), es una especie muy complicado de propagar, por ello se recomienda otras medidas antes de los 60 días como mantener una temperatura adecuada del invernadero, mantener la humedad con hojarascas al ras del sustrato, ya que el esqueje pierde sus reservas nutritivas por lo que se alimentan por la ausencia de raíz.
4. Para la recolección del material vegetal de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), el uso obligatorio de equipos de protección personal básico y adecuado, tales como guantes de herrero, gafas de protección ocular, casco de construcción y zapatos con planta gruesa, debido al inminente riesgo de las espinas de la especie.

**CLONAL PROPAGATION OF BAMBOO (*Guadua angustifolia* Kunth) WITH  
DIFFERENT DOSE OF INDOLBUTYRIC ACID IN GREENHOUSE CHAMBER,  
TINGO MARÍA**

**VIII. ABSTRACT**

The objective was to determine the effect of indolebutyric acid (IBA) on shoots of bamboo cuttings (*Guadua angustifolia* kunth) under greenhouse conditions, Tingo María. The execution was carried out in the nursery of the National Agrarian University of La Selva (UNAS). The methodology was a complete randomized design (DCA) 3A x 3B, in combination of a) Type of cutting and b) Dose of indolebutyric acid (AIB). With nine treatments, five repetitions; the combination (base, medium and apex) and (0.0 mg / L, 1.0 mg / L and 2.0 mg / L), evaluated in 90 days. The results indicate that, when evaluating the number of shoots with the basal branch type, 1.22 outbreaks were obtained, with the 1.0 mg / L dose, 1.91 outbreaks were obtained, when evaluating length of shoots with the type of medium branch cutting and with the dose 2.0 mg / L 19.18 cm was obtained, when evaluating the number of leaves with the type of branch medium cut 6.62 leaves were obtained, with the dose 1.0 mg / L 5.86 leaves were obtained, when determining the survival of shoots of bamboo buds the type of basal branch cutting obtained 66.67% survival of bamboo buds, as for the dose with 2.0mg / L, 75.56% survival of bamboo buds was obtained. It is concluded that the types of medium and basal branches obtained better results, applying 1.0 mg / L and 2.0 mg / L of indolebutyric acid doses, which influence the development of vegetative propagation under greenhouse conditions.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUEDA, G. 1998. Caracterización Fotosintética de Árboles de la Laurisilva Canaria (*Laurus azorica*, *Persea indica* y *Myrica faya*). Universidad de la Laguna. Tesis Doctoral España. Amthor JS. Respiration and Crop Productivity. New York. 268 p.
- BETANCOURT, R. M.A. 2007. Bambú, términos y definiciones; Norma Ramal NRAG: 2007, Ciudad de La Habana 17 p.
- BLAZICH, F. 1988. Chemicals and Dormulations used to promote adventitious rooting. In: Davis, T; Haissig, BE; Sankhla, N (eds). Adventitious root formation in cuttings. Protiand, Oregon. p. 132-149.
- BOTTI, C. 1999. Principios de la propagación y técnicas de propagación por esquejes de bambú (*Guadua angustifolia*). En Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p. 72-82.
- BRAUDEAU, J. 1981. El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México. 296 p.

- BURGOS, J. A. 1973. Información sobre cultivos tropicales en el Perú. Estación Experimental Agraria de Tulumayo (Tingo María). CRII III – Tarapoto, Perú. 139 p.
- CATASUS, G. L. 2003. Estudio de los bambúes arborescentes cultivados en Cuba, Ed, ACTAF, La Habana, Cuba. 56 p.
- CHATURVEDI, A.N. 1988. Administration forestal del bambú. *Silvicultor nativo*. 114(9): pp. 489- 495.
- CORPEI, 2013. (Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones); CBI (Centro Holandés de Promoción de Importaciones de países en Desarrollo), 2003. Bambú (Caña Guadua angustifolia “Caña brava”): Proyecto CORPEI – CBI “Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador” (en línea).
- CRONQUIST, A. 1981. Un sistema integrado de clasificación de las Angiospermas. Ed. Columbia University Press. 1062 p.
- CUCULIZA, P. 1956. Propagación de plantas. Lima, Perú. Talleres gráficos YF. L. Villanueva. 340 p.
- DÍAZ, M.J.M. 2012. Efecto de la gallinaza y tipo de propágulo, en la multiplicación in situ de bambú (*Dendrocalamus asper* Schultes & J) en cámara de invernadero. H. Schultes) Backer ex K. Heyne, Poaceae, "*Dendrocalamus asper*"; en finca "El Carmen", San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 98 p.

- DÍAZ, M. 1991. Técnica de enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arbórea* Linn. Tesis Magister Science. Turrialba, Costa Rica. Catie. 93 p.
- FANEGO, A. 2006. Aportes a la metodología de propagación de *Bougainvillea glabra* Choisy. Tesis presentada en opción del título académico de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. 56 p.
- FAO. 2005. Enraizamiento de estacas de especies forestales, Soluciones tecnológicas. Kurú: Revista Forestal. Costa Rica. 6 p.
- FERREGRINO, D. 1984. Prueba de enraizadores químicos (AIB, ROTONE "F", FITOCIME) bajo media sombra en Monterrey. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 93 p.
- FRANCIS, J. K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. SO-ITF-SM65. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p. [En línea]: ([www.rngr.net/publications/arboles-depuerto/bambusa-vulgaris/at/fil](http://www.rngr.net/publications/arboles-depuerto/bambusa-vulgaris/at/fil). Doc. 13 de febrero 2019).
- GALLARDO, J., FREIRE, M., LEÓN, J., GARCÍA, Y., PÉREZ, S., GONZÁLEZ, M. 2008. Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación. Cultivos tropicales. 29 (1): 17- 22. [En línea]: ([www.redalyc.org/pdf/461/46119239005.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/461/46119239005.pdf). Doc. 14 de enero 2019).

- GARCÍA, Y.; FREIRE, M.; HURTADO, O. 2011. Propagación *in vitro* de bambúes. Tesis. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas – Cuba. Biotecnología Vegetal Vol. 11. No. 3. pp. 131 – 142.
- GIRALDO, H. E., SABOGAL, A. 2007. Una alternativa sostenible: la Guadua técnicas de cultivo y manejo. Corporación Autónoma del Quindío C.R.Q. Tercera edición. Colombia. 192 p.
- GRUPO PARA LA FILOGENIA DE LAS ANGIOSPERMAS. 2009. Sistema de clasificación APG III. [En línea]: EFN (<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg2/CLADOS%20curso%202010.pdf>). Documento, 20 de setiembre 2018).
- GUTIÉRREZ, J.A. 2000. Structural adequacy of traditional bamboo housing in Latin America. Technical Report No. 19. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing.
- HAECKEL, E. 1887. Report on Radiolaria collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Rep. Voyage H.M.S. USA. pp. 1-1803.
- HALE, M.; ORCUTT, D. 1987. The physiology of plants under stress. John Wiley & Sons, USA. 206 p.
- HARTMANN, T., KESTER, E. 1996. Propagación de plantas: principios y prácticas. México, Continental S.A. México. 814 p.
- HASAN, S.M.; SKOUPY, J.; VACLAV, E. 1976. Recent trends in bamboo growing and use in Bangladesh. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 5: pp. 59-69.

- HAVAUX, M., GREPPIN, H., STRASSER, R. 1991. Functioning of photosystems I and II in pea leaves exposed to heat stress in the presence or absence of light. Analysis using in vivo fluorescence, absorbance, oxygen and photoacoustic measurements. *Planta* 186:88-98.p.
- HERNÁNDEZ, S., SÁNCHEZ, D., PEÑA, L.; MONTALVO, H. 2005. Sustratos y frecuencias de riego para la producción de jitomate en hileras a diferente altura. *Terra Latinoamericana*. Vol 23. Núm 3. Julio-septiembre. México. p. 341-349.
- HOLDRIDGE, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. por Humberto Jiménez Saa. 20 p.
- HIDALGO, O. 2003. *Bamboo. The gift of the gods*. Bogotá. Editado por Oscar Hidalgo López. 553 p.
- ITTO (CONFERENCE INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION). 2002. *International Tropical Timber Organization guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*, ITTO Policy Development Series No 13. ITTO, Yokohama.
- JARVIS, B.C. 1986. Endogenous control of adventitious rooting in now – wood. In: Jackson. MB. *New root formation in plants and cuttings*. Direct. NE. Martinus Nijhoff Publishers. p. 191-221.
- JIMÉNEZ, V. M., CASTILLO, J., TAVARES, E., GUEVARA, E., MONTIEL, M. 2006. In vitro propagation of the neotropical giant bamboo, *Guadua*



*angustifolia* Kunth, through axillary shoot proliferation. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 86: pp. 389–395.

JONES, J. 1983. A guide for the hydroponic and soilless culture grower. Portland, OR: Timber Press. 124 p.

KLASMAN, R. 2011. Floricultura 34. Producción de plántulas cámara de germinación. [En línea]: (<http://floricultura34.blogspot.pe/2011/10/produccionde-plantulas-camara-de.html>. Doc. 08 de octubre 2018).

KIBWAGE, J.K., ODONDO, A.J., MOMANYI, G.M. 2008. Structure and performance of formal retailmarket for bamboo products in Kenya. *Scientific Research and Essay Vol.3 (6)*: p. 229-239.

KIRUNDA, K. 2005. Bamboo Solution to Lake Pollution, a report on the bamboo Project handled by World Agroforestry Centre in Lake Victoria basin, Kenya.

LAMBERS, H. RIBAS, C. 2005. Plant Respiration: from Cell to Ecosystem. *Advances in Photosynthesis and Respiration*. Dordrecht, Springer, 2005; Vol. 18.155 p.

LANDIS, T., TINUS, R., MCDONALD, S.; BARNETT, J. 1989. Manual de vivero para la producción de especies forestales en contenedor, Vol. 4 Fertilización y riego. (Trad.) Trejo, D. A. R. Dirección General del Programa Nacional de Reforestación, Méx. 126 p.

- LÁRRAGA, N; GUTIÉRREZ, N; LÓPEZ, H; PEDRAZA, M. E.; SANTOS, G; SANTOS, U. I.; VARGAS, J. 2011. Propagación vegetativa de tres especies de Bambú, Universidad Autónoma Indígena de México; El Fuerte, México. Revista: Ra Ximhai, vol. 7, núm. 2, pp. 205-218.
- LOMETI, M. 1984. Prueba de enraizadores químicos (AIB, ROOTONE, FITOCIME) en la propagación de laurel de la India (*Ficus religiosa* L.) bajo media sombra en Monterrey. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 76 p.
- LONDOÑO, X. 2010. Identificación Taxonómica de los Bambúes de la Región Noroccidental del Perú. ITTO. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 61 p.
- LONDOÑO, X. 2006. Botánica y Diversidad Genética del Género *Guadua* y otros Bambusoideae de América. En III Simposio Latinoamericano del Bambú, Guayaquil Ecuador 73 p.
- LÓPEZ, R. 2011. Multiplicación de *Guadua angustifolia Kunth* en condiciones in vitro. 2° Congreso Internacional del Bambú-Guadua, Armenia. 30 p.
- MACDONALD, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. London, Batsford. 669 p
- MALDONADO, J. 1996. Asimilación del nitrógeno y del azufre. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Interamericana-McGraw-Hill, Madrid. p. 215 - 236.
- MANSILLA, D. 2004. Propagación vegetativa mediante estaquillado en especies nativas de los géneros *Mutisia*, *Escallonia* y *Gaultheria*, como

- potenciales cultivos ornamentales. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 68 p. [En línea]. (<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fam288p/html/index-frames.html>, Documentos, 15 octubre. 2018).
- MARÍN CH.D., GUÉDEZ, Y., MÁRQUEZ, De H.L. 2008. Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) and bamboo (*Bambusa vulgaris* Wendland) plantations in San Javier, Yaracuy state, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 25: pp. 261-285.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego CA. 674 p.
- MARTIN, B.; QUIELLET, G. 1974. Bouturage des arbres forestiers au congo. Bois et Forest des Tropiques (Francia). 156 p.
- MARTÍNEZ, G.; MARTÍNEZ, D. 1996. Diseño de experimentos con fertilizantes y abonos foliares en el desarrollo de esquejes de bambú. (*Dendrocalamus asper*). Publicación especial V conferencia. Sociedad Mexicana de la Ciencias agraria del Suelo, A. C. Colegio de Postgraduados. 155 p.
- MATALLANA, G., CAMACHO, A., CAACHO, M. y IGNACIO, J. 2001. Invernaderos Diseño, Construcción y Climatización. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 24-31
- MCSTEEN, P.; ZHAO, Y. 2008. Plant Hormones and Signaling: Common Themes and New Developments. 134p.

- MEDINA, B., CALDERA, E., BERMUDEZ, R., PEREZ, C., GUTIERREZ, W., VILLALOBOS, W. 2014. Respuesta de la planta de yuca (*Manihot esculenta* crantzal) tipo de corte y posición de siembra de la estaca. Venezuela. Tesis. 90 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY E. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. 593 p.
- MERCEDES, J.R. 2006. Cultivo del Bambú. Guía Técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF. Santo Domingo, República Dominicana. 37p.
- MESEN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub - irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- MINAG, 2008. Ministerio Nacional de agricultura y riego. Plan Nacional de Promociones del Bambú 2008 – 2010. Lima. Perú
- MONTSERRAT, J. Sistema de riego para uso en vivero. Revista Viveros. Madrid. 6 p.
- MONGE, J. 2004. IV Conferencia en la ciudad de México en Cultivo y uso del bambú (*Guadua angustifolia*) en el neotrópico. Rev. Biol. Trop. 46 (supl. 3): pp. 1-88.
- NAVARRO, B.; NAVARRO, G. 2003. Química agrícola; el suelo y los elementos químicos esenciales. 2ª ed. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona, España. 52 p.

- NIETO, M. 1992. Respuesta rizogénica de esquejes foliados de *Ficus benjamina* a tres concentraciones de ácido indolbutírico y en suelos aluviales y orgánicos. Cong. Nal. Hort. Orn. Cuernavaca. Morelos. Memoria. 35
- NUÑEZ, Y. 1997. Propagación vegetativa del cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); pilón (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavón) mediante el enraizamiento de estacas juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 p.
- PATS, 2003. III seminario internacional del bambú. Programa agricultura tropical sostenible. Venezuela. Revista. 20 p.
- PEATE, N. 1989. Media for cutting propagation. Washington. U. S. A. The International Plant Propagators Society. 39: pp. 71-76.
- PULGAR, V. 1938. Las ocho regiones naturales del Perú. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Tesis. Lima, Perú. 115 p.
- QUEZADA, F. 2011. Propagación por esquejes de stevia (*Stevia rebaudiana* Bert) en tres sustratos y dos dosis de hormona de enraizamiento bajo invernadero en el Cantón Santa Isabel. Tesis. Universidad de Cuenca. Ecuador. 126 p.
- QUISPE, 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 Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 92 p.

- RADKE, P.; RADKE, A. 2004. Plantation improvement using clonal propagation –an overview of the latest technology in Australia. With an appendix on: Variation in tree species, and improvement and propagation options– an explanation. Prospects for high-value hardwood timber plantations in the “dry” tropics of Northern Australia, Mareeba. 14 p.
- RAMANAYAKE, S. M. S. D. 2006. Flowering in bamboo: an enigma. Cey. J. Sci. (Bio. Sci) 35 (2): pp. 95-105.
- RODRÍGUEZ, S. 1982. Fertilizantes. A. G. T. Editor, México. 157 p.
- ROJAS, B. 1981. Planeación y análisis de experimentos de fertilizantes. INIA, SARH. México, D. F. 45 p.
- ROJAS, S. GARCIA, J. ALARCON, M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. CORPOICA/PRONATA/MADR. Colombia. 55 p.
- ROCHA, G. 1998. Manual de propagación de plantas. 2 ed. Buenos Aires, Argentina, Ateneo. 209 p. SALISBURY, F., ROSS, W. 2000. Fisiología de las plantas. Madrid, España, Paraninfo. 988 p.
- SÁNCHEZ, D.J; GÓMEZ, V. 2006. Negocios de Bambú, Rev. Emprendedores Vol. 5(13): pp. 5-17.
- SANDOVAL, A. 1997. Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 p.

- SIGMA, 2015. Productos enraizantes Sigma – ALDRICH. Produced y demonstrator in China. Enraizamiento de bamboo applied 100 ppm for one liter wáter.
- SOOD, A., AHUJA, P.S., SHARMA, M., SHARMA, O.P., GODBOLE, S. 2002. In vitro protocols and field performance of elites of an important bamboo *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. Ex Munro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 71: pp. 55-63.
- STRASBURGER, E. 2004. Tratado de botánica. 35 ed. Barcelona, España. Omega S.A. 627 p.
- TOOGOOD, A. 2007. Propagating Plants (ingles) Enciclopedia de la propagación de las plantas. Primera edición. 1999 Doorling Kindersley Limited. Londres, Inglaterra. pp. (22-27, 32-35).
- TORRES, A. 2003. Relação entre sazonalidade desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. G Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 p.
- VELA, G.L. 1982. Los bambúes. Boletín Técnico No. 50. Instituto nacional de investigaciones forestales. Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos. México, D.F. 2ª. Edición. México. 38 p.
- VELÁZQUEZ, J. 2007. Informe técnico final del proyecto “Estudio nutricional en especies forestales y restauración económica y ecológica del Bosque de La Primavera, Guadalajara” (CONAFOR-2002-C01-6506).

WEAVER, R. 1976. Reguladores de crecimiento de plantas en la agricultura.

México, Trillas. 622 p.



**ANEXO**

### Anexo. Datos registrados

Cuadro 27. Datos generales de la variable de porcentaje de sobrevivencia de brotes por tratamiento y periodo de evaluación.

30 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	60	20	80	80	40	60	40	20	80
2	100	40	100	60	40	100	60	0	40
3	100	80	100	100	20	80	80	0	60
4	100	40	100	60	20	100	60	20	40
5	60	60	80	80	40	80	40	0	60
60 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	60	40	80	100	40	60	60	20	80
2	80	60	80	60	40	100	60	0	40
3	60	60	100	60	40	80	60	0	80
4	80	40	80	100	40	60	60	20	80
5	80	60	80	60	40	100	60	0	40
90 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	60	20	80	80	40	80	60	0	80
2	100	40	60	60	40	100	40	0	80
1	60	40	80	80	40	60	60	0	40
2	100	20	60	60	40	80	40	0	60
3	80	60	100	60	40	80	80	0	60

Cuadro 28. Datos generales de la variable de longitud del brote mayor por tratamiento y periodo de evaluación.

30 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	3.27	4.00	8.23	4.55	0.65	23.26	5.23	3.60	8.95
2	5.62	1.60	9.82	6.08	4.95	13.04	4.37	0.00	11.95
3	7.40	3.25	11.16	5.44	0.50	13.58	3.43	0.00	9.07
4	2.71	4.00	8.23	4.55	0.47	22.16	6.11	3.50	7.34
5	5.15	2.68	7.45	5.17	3.76	12.11	4.37	6.08	12.75
60 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	8.77	8.15	10.48	8.50	9.23	15.30	8.23	9.00	10.80
2	10.83	8.23	11.03	14.23	11.70	14.32	9.23	0.00	15.45
3	12.00	13.10	13.12	14.10	7.58	14.90	7.43	0.00	14.10
4	9.85	7.15	11.29	10.63	14.70	9.66	9.33	0.00	16.22
5	11.00	12.78	12.12	11.80	6.19	11.90	7.43	0.00	12.20
90 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	4.32	3.00	5.50	4.25	4.50	9.33	3.00	0.00	3.75
2	5.80	5.00	7.60	4.75	6.50	7.40	1.67	0.00	2.00
3	7.42	3.10	5.20	7.00	3.50	7.62	3.00	0.00	4.00
4	5.80	4.00	6.28	5.33	6.50	6.33	2.53	0.00	3.00
5	7.50	3.00	5.20	7.00	3.40	8.75	3.00	0.00	5.00

Cuadro 29. Datos generales de la variable de Número de brotes por tratamiento y periodo de evaluación.

30 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	3.00	2.00	0.00	3.00	1.50	0.00	2.16	2.00	0.00
2	5.22	2.55	0.00	1.25	3.40	0.00	3.00	0.00	0.00
3	3.46	1.24	0.00	1.80	1.00	0.00	1.25	1.24	0.00
4	3.46	1.13	0.00	3.28	3.60	0.00	1.00	0.00	0.00
5	3.15	1.35	0.00	1.80	3.00	0.00	2.75	1.65	0.00
60 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	4.00	2.20	3.25	2.00	2.23	5.00	3.21	2.00	3.75
2	4.20	3.00	3.40	2.15	3.50	5.70	2.33	0.00	4.45
3	3.20	2.25	3.80	3.20	1.00	6.00	1.50	0.00	4.67
4	4.10	2.10	3.22	2.25	1.75	4.00	3.50	2.00	3.66
5	4.00	3.20	3.60	2.44	3.50	5.50	2.33	0.00	4.50
90 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	2.33	2.00	0.00	1.80	2.00	0.00	3.50	1.00	0.00
2	2.20	2.00	0.00	2.00	3.00	0.00	1.25	0.00	0.00
3	2.00	3.00	0.00	1.80	1.00	0.00	2.75	1.00	0.00
4	2.20	1.20	0.00	2.00	1.00	0.00	1.45	0.00	0.00
5	1.80	1.75	0.00	1.40	3.00	0.00	1.35	3.00	0.00

Cuadro 30. Datos generales de la variable de Número de hojas por tratamiento y periodo de evaluación.

30 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	4.00	3.00	3.25	2.00	2.00	6.00	3.50	2.00	2.77
2	4.20	3.00	3.80	2.67	3.50	3.60	2.33	0.00	4.60
3	2.75	3.00	3.40	3.60	1.00	6.00	1.70	0.00	4.67
4	4.40	3.00	3.60	2.67	4.25	5.60	2.33	0.00	4.30
5	3.60	3.00	3.60	3.60	1.00	5.00	1.20	0.00	4.67
60 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	5.77	6.90	9.28	6.73	1.35	10.20	4.51	5.80	9.49
2	8.66	2.65	10.03	5.54	6.05	9.26	6.83	0.00	0.00
3	9.06	5.50	11.58	7.72	4.90	8.63	3.83	0.00	10.47
4	5.57	6.90	9.28	6.14	1.25	8.20	4.40	6.70	8.73
5	7.73	2.65	10.03	6.77	6.05	7.26	6.67	0.00	.000
90 días									
Rep.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
1	5.50	4.33	2.75	4.75	3.00	0.00	9.33	4.25	4.50
2	7.50	5.80	6.00	3.00	2.67	0.00	7.40	5.33	6.50
3	4.10	6.52	3.25	3.15	2.00	0.00	8.75	7.00	3.22
4	7.50	5.75	6.50	1.00	2.67	0.00	6.50	5.24	6.50
5	5.20	7.50	3.00	4.00	3.50	0.00	8.75	7.00	3.40

Cuadro 31. Datos de temperatura y humedad registrados con el hidrómetro

Fecha	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad
	(°C)	(%)	(°C)	(%)
	08:00 a.m.		12:00 p.m.	
18/06/2018	24.90	77.00	29.20	71.00
21/06/2018	25.60	81.00	30.20	72.00
25/06/2018	25.20	76.00	29.60	72.00
28/06/2018	26.90	87.00	29.80	75.00
02/07/2018	24.80	80.00	28.60	73.00
05/07/2018	26.00	75.00	27.70	69.00
09/07/2018	25.70	78.00	26.00	75.00
12/07/2018	25.50	80.00	28.50	77.00
16/07/2018	26.60	78.00	28.20	70.00
19/07/2018	25.70	77.00	27.90	69.00
23/07/2018	24.00	80.00	26.50	74.00
26/07/2018	25.50	78.00	27.80	70.00
30/07/2018	24.60	79.00	26.50	70.00
02/08/2018	25.70	82.00	26.80	75.00
06/08/2018	26.90	79.00	29.40	68.00
09/08/2018	27.60	85.00	29.50	71.00
13/08/2018	26.80	82.00	30.10	77.00
16/08/2018	25.60	80.00	28.20	74.00
20/08/2018	25.90	79.00	29.00	70.00
23/08/2018	27.20	79.00	29.10	75.00

27/08/2018	25.00	77.00	27.40	69.00
30/08/2018	26.60	79.00	28.00	73.00
03/09/2018	26.90	79.00	27.40	70.00
06/09/2018	27.50	78.00	28.10	73.00
10/09/2018	26.20	82.00	28.10	81.00
13/09/2018	28.20	83.00	27.60	76.00
17/09/2018	27.20	78.00	28.20	72.00

---

---

## Anexo. Panel fotográfico



Figura 16. Extracción y selección de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 17. Limpieza y preparación de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).





Figura 18. Construcción terminada del invernadero de la investigación



Figura 19. Siembra de los esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 20. Fase de instalación de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) culminada



Figura 21. Forma de siembra de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 22. Aparición de brotes de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 23. Aparición de hojas en brotes de esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 24. Primeras evaluaciones de longitud de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)

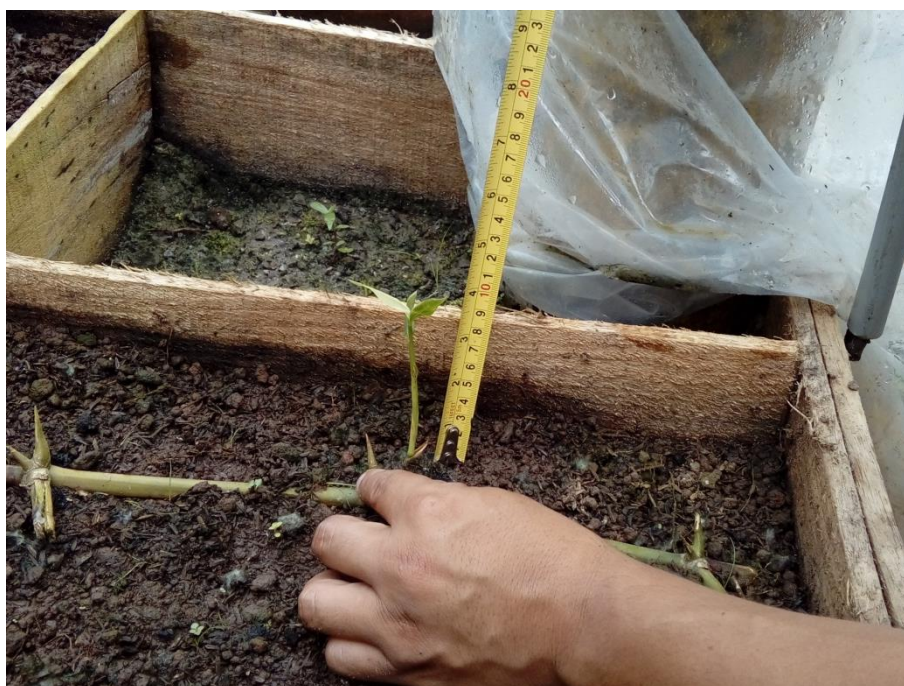


Figura 25. Segunda evaluación de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 26. Evaluación del número de hojas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)



Figura 27. Fase de evaluación e investigación culminada.