

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



---

**Obtención de plantones usando estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* con diferentes dosis de ácido indol butírico y tipos de sustrato**

---

**TESIS**

***Para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente***

**Autor:**

**Br. William Huamán Huamán**

**Tumbes, 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



---

**Obtención de plantones usando estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* con diferentes dosis de ácido Indol butírico y tipos de sustrato**

---

**Tesis aprobada en forma y estilo por:**

**Dr. Deza Navarrete Carlos A. (Presidente)**

**Mg. Díaz Castillo Néstor D. (Secretario)**

**Mg. Herrera Palacios Eber L. (Vocal)**

**Tumbes, 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**





---

**Obtención de plántones usando estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* con diferentes dosis de ácido Indol butírico y tipos de sustrato**

---

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:**

**Br. Huamán Huamán William (Autor)** 

**Dr. Puestas Chully Miguel A. (Asesor)** 

**Ing. Moscol Ortiz José Antonio (Co-Asesor)** 

**Tumbes, 2020**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA**  
**FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



.....  
**CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"**  
**SECRETARIA ACADÉMICA**  
**TUMBES - PERU**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Tumbes, a los veintiún días del mes de diciembre del año dos mil veinte, a las doce horas, se reunieron de manera virtual, mediante la plataforma virtual Zoom (<https://us02web.zoom.us/j/83570694098?pwd=bEdRUU5YTmVJMHRBVjNjamxYbWozdz09>; ID de reunión: 835 7069 4098, código de acceso: 294078); los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 077-2019/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (20-08-2019) y Resolución N° 005-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (06-01-2020) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **Obtención de plántones usando estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* con diferentes dosis de ácido indol butírico y tipos de sustrato**", para optar el Título de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. Miguel Antonio Puestas Chully.

A las doce horas con cinco minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**

Por lo tanto el Bachiller: **HUAMAN HUAMAN WILLIAM**, queda apto para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las trece horas con diez minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.

Dr. CARLOS ALBERTO DEZA NAVARRETE  
DNI N° 16532820  
Presidente

Mg. NESTOR DELFIN DIAZ CASTILLO  
DNI N° 00214246  
Secretario

Mg. EBER LEOPOLDO HERRERA PALACIOS  
DNI N° 42450218  
Vocal





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académica Profesional de Ingeniería**  
**Forestal y Medio Ambiente**  
**Tumbes – Perú**



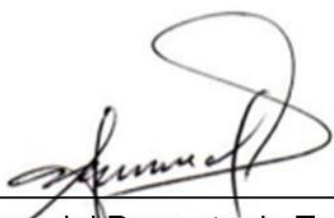
**CERTIFICACION**

**Dr. MIGUEL ANTONIO PUESCAS CHULLY**, docente ordinario de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Gestión Ambiental.

**CERTIFICA:**

Que el proyecto de tesis titulado: **OBTENCIÓN DE PLANTONES USANDO ESTACAS DE RAÍZ DE *Handroanthus billbergii* CON DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATO**, presentado por el bachiller **WILLIAM HUAMÁN HUAMÁN**, de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, ha sido asesorado y revisado por mi persona y co asesorado por el Ing. José Antonio Moscol Ortiz, por tanto, queda autorizado para su presentación e inscripción en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, para su revisión y aprobación correspondiente.

Tumbes, agosto de 2020.

  
\_\_\_\_\_  
Asesor del Proyecto de Tesis

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres José y Carmen quienes a lo largo de mi carrera han velado por el bienestar dándome el apoyo moral, económico en todo momento.

A mis hermanos: Heisten, (Tito que nos tomó la delantera que está en el cielo), Jhoysen y Persi, que son parte del día a día por el cariño, la paciencia y la motivación brindada, que me apoyaron en la ejecución de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de aula con quienes compartimos muchas alegrías y gratos momentos durante el desarrollo de la carrera profesional.

Gracias por confiar en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme un día más de vida, por mantenerme con buena salud, fuerza y sabiduría necesaria para seguir adelante en mis logros.

Agradecer a mis padres, hermanos, tíos, amigos por todo el apoyo brindado durante mi formación profesional.

Agradecer a la Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias, escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente a través de sus docentes por haber contribuido con los conocimientos teóricos-prácticos durante la formación profesional.

Agradecer al Dr. Miguel Antonio Puestas Chully y al Ing. José Antonio Moscol Ortiz, que formaron parte del asesoramiento, dando sus aportes y revisión a esta investigación.

Agradecer al personal de vigilancia de la Universidad Nacional de Tumbes Sr. Luis Enrique Galarza Mendoza, por el apoyo brindado con el riego del experimento en tiempos de emergencia debido a la COVID-19.

Agradecer así mismo, a los miembros del Jurado Calificador: Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete, Mg. Néstor Delfin Díaz Castillo, e Mg. Eber Leopoldo Herrera Palacios, por las valiosas sugerencias realizadas a la presente investigación.

## INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	22
2.1. <i>Handroanthus billbergii</i> .....	22
2.2. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN .....	22
2.3. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA.....	24
2.4. APROVECHAMIENTO DE LA ESPECIE .....	24
2.5. ANTECEDENTES DE PROPAGACIÓN POR ESTACAS DE RAÍZ .....	24
2.6. PROPAGACIÓN VEGETATIVA .....	25
2.7. IMPORTANCIA DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA. ....	26
2.8. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA .....	27
2.9. PROPAGACIÓN POR ESTACAS .....	28
2.9.1. ESTACA DE RAÍZ.....	28
2.10. VENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS.....	29
2.11. DESVENTAJAS DE LA PROPAGACION POR ESTACAS .....	30
2.12. FACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE ENRAIZAMIENTO .....	30
2.13. MEDIOS PARA ENRAIZAMIENTO .....	31
2.13.1. Sustratos .....	31
2.13.2. Auxinas .....	33
2.14. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE EJECUCIÓN.....	36
3.2. LUGAR DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL DE ESTUDIO .....	36
3.2.1. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS .....	36
3.3. TIPO DE ESTUDIO .....	37



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.5. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	37
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	38
3.6.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	38
3.6.2. MODELOS ADITIVO LINEAL.....	38
3.6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	39
3.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....	40
3.7. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO .....	41
3.7.1. SELECCIÓN DE PLANTAS MADRES .....	41
3.7.2. RECOLECCIÓN DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN.....	41
3.7.3. USO DE SUSTRATOS.....	42
3.7.4. ÁREA DE EXPERIMENTO .....	42
3.7.5. PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO .....	42
3.7.6. PREPARACIÓN DE LAS ESTACAS Y APLICACIÓN DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO .....	43
3.7.7. SEMBRADO DE ESTACAS .....	43
3.7.8. RIEGOS Y DESHIERBO .....	43
3.8. EVALUACIONES EXPERIMENTALES .....	44
3.8.1. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES .....	44
3.8.2. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA.....	44
3.8.3. PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES POR ESTACA .....	44
3.8.4. PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS .....	44
3.8.5. NÚMERO PROMEDIO DE ESTACAS CON BROTE .....	45
3.8.6. NÚMERO PROMEDIO DE BROTES FOLIARES POR ESTACA .....	45
3.8.7. PROMEDIO DE LONGITUD DE BROTES POR ESTACA.....	45
3.8.8. NÚMERO PROMEDIO DE HOJAS POR ESTACA .....	45

3.8.9. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LA PLANTA HASTA EL FINAL DE EVALUACIÓN.....	45
3.9. EVALUACIÓN METEOROLÓGICA.....	45
3.10. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS. ....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍZ.....	47
4.2. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA .....	50
4.3. PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES POR ESTACA .....	53
4.4. PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS.....	57
4.5. NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES .....	60
4.6. NÚMERO PROMEDIO DE BROTES FOLIARES POR ESTACAS .....	64
4.7. PROMEDIO DE LONGITUD DE BROTES POR ESTACA .....	66
4.8. NÚMERO PROMEDIO DE HOJAS POR ESTACAS .....	69
4.9. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LA PLANTACIÓN HASTA EL FINAL DE EVALUACIÓN. ....	72
V. CONCLUSIONES .....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
VIII. ANEXOS.....	81

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Descripción de los tratamientos.....	38
Cuadro 2: Descripción del análisis de varianza.....	40
Cuadro 3: Datos meteorológicos de la estación meteorológica campamento sede –Tumbes.....	46
Cuadro 4: Análisis de varianza para el número de estacas con raíz.....	47
Cuadro 5: Prueba de comparación de medias para los sustratos con respecto al número de estacas con raíz (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	48
Cuadro 6: Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al número de estacas con raíz (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	49
Cuadro 7: Análisis de varianza para el promedio de raíces por estaca .....	50
Cuadro 8: Prueba de comparación de medias para los sustratos con respecto al número de raíces por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	51
Cuadro 9: Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al número de raíces por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	53
Cuadro 10: Análisis de varianza para el promedio de longitud de raíces por estaca. ....	54
Cuadro 11: Prueba de comparación de medias de los Sustratos con respecto a la longitud de las raíces por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	55
Cuadro 12: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto a la longitud de las raíces por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	56
Cuadro 13: Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento de estacas .....	57

Cuadro 14: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al porcentaje de enraizamiento de estacas (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	58
Cuadro 15: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al porcentaje de enraizamiento de estacas (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	60
Cuadro 16: Análisis de varianza para el número de estacas con brotes.....	61
Cuadro 17: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de estacas con brotes (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	61
Cuadro 18: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de estacas con brotes (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	63
Cuadro 19: Análisis de varianza para el promedio del número de brotes por estaca.....	64
Cuadro 20: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de brotes por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	64
Cuadro 21: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de brotes por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	66
Cuadro 22: Análisis de varianza para el promedio de longitud de brotes por estaca.....	67
Cuadro 23: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto a la longitud de los brotes por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	67
Cuadro 24: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto a la longitud de los brotes por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	69
Cuadro 25: Análisis de varianza para el numero de hojas por estaca .....	70
Cuadro 26: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de hojas por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	70
Cuadro 27: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de hojas por estaca (Tukey $\alpha=0.05$ ). .....	72

Cuadro 28: Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento de la plantación .....	73
Cuadro 29: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al porcentaje de prendimiento de la plantación (Tukey $\alpha=0.05$ ). 73	
Cuadro 30: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al porcentaje de prendimiento de la plantación (Tukey $\alpha=0.05$ ). ....	75

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Muestra botánica <i>Handroanthus billbergii</i> (Bereau & K. Schumam) S. O. Grose (FMB, 2013).....	23
Figura 2: Número de estacas con raíz según el tipo de sustrato.....	48
Figura 3: Número de estacas con raíz según el nivel de dosis de AIB.....	50
Figura 4: Promedio de raíces por estaca según los tipos de sustrato .....	52
Figura 5: Promedio de raíces por estaca según los niveles de dosis de AIB .....	53
Figura 6: Longitud promedio de raíces por estaca según los tipos de sustrato....	55
Figura 7: Longitud promedio de raíces por estaca según los niveles de dosis hormonal de AIB.....	57
Figura 8: Porcentaje de enraizamiento de estacas según los tipos de sustrato ...	59
Figura 9: Porcentaje de enraizamiento de estacas según los niveles de dosis de AIB.....	60
Figura 10: Número de estacas con brotes según los tipos de sustratos .....	62
Figura 11: Número de estacas con brotes según los niveles de dosis de AIB ....	63
Figura 12: Promedio del número de brotes por estaca según los tipos de sustrato .....	65
Figura 13: Promedio del número de brotes por estaca según los niveles de dosis de AIB.....	66
Figura 14: Promedio de longitud de brotes por estaca según los tipos de sustrato .....	68
Figura 15: Promedio de longitud de brotes por estaca según los niveles de dosis de AIB.....	69

Figura 16: Promedio del número de hojas por estaca según los tipos de sustrato	71
Figura 17: Promedio del número de hojas por estaca según los niveles de dosis de AIB.....	72
Figura 18: Porcentaje de prendimiento de la plantación según los tipos de sustrato.....	74
Figura 19: Porcentaje de prendimiento de la plantación según los niveles de dosis de AIB.....	75



## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1: Mapa de ubicación del lugar donde se realizó la ejecución del experimento .....	81
Anexo 2: Mapa de ubicación de lugar de procedencia del material de estudio ....	82
Anexo 3: Croquis del diseño de distribución de los tratamientos para el experimento .....	83
Anexo 4: Matriz de consistencia del proyecto de investigación.....	84
Anexo 5: Coordenadas de ubicación de árboles muestreados de <i>Handroanthus billbergii</i> (Guayacán madero negro). ....	85
Anexo 6: Formulario de datos promedios obtenidos de evaluación de las variables estudiadas.....	86
Anexo 7: Formulario para los ANOVAS. ....	87
Anexo 8: Tablas de análisis estadístico para la significancia dentro de los factores S y D .....	89
Anexo 9: Acondicionamiento de cama para el experimento.....	98
Anexo 10: Muestra de tipos de sustratos (Arena de río, compost y suelo forestal). .....	99
Anexo 11: Selección, demarcación de árboles y extracción de las raíces. ....	99
Anexo 12: Corte y tamaño de estacas, remojo de las estacas en soluciones de ácido indol butírico por 10 minutos. ....	100
Anexo 13: Establecimiento de las estacas según los tratamientos. ....	100
Anexo 14: Codificación de las estacas.....	101
Anexo 15: Riego y deshierbe de la plantación .....	101

Anexo 16: Supervisión del Jurado evaluador de la tesis en compañía con el Asesor y coasesor .....	102
Anexo 17: Obtención de plantones con el sustrato arena de río .....	102
Anexo 18: Obtención de plantones con el sustrato compost.....	103
Anexo 19: Obtención de plantones con el sustrato suelo forestal .....	103
Anexo 20: Plantón a base se sustrato compost y 1000 ppm de AIB .....	104
Anexo 21: Plantación de <i>Handroanthus billbergii</i> , obtenidos a base de estacas de raíz. ....	105

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el vivero forestal “Taller de enseñanza e investigación” de la escuela de ingeniería forestal y medio ambiente de la Universidad Nacional de Tumbes, durante los meses de enero hasta abril del 2020. El objetivo general fue obtener plantones de *Handroanthus billbergii* a partir de estacas de raíz. Para el delineamiento se aplicó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, probando cinco dosis de ácido indol butírico (0, 1000, 2000, 3000 y 4000 ppm), en tres tipos de sustrato (arena de río, compost y suelo forestal). Los resultados indican que el sustrato compost y las concentraciones de 3000 y 4000 ppm influyeron en el enraizamiento de estacas, obteniendo valores significantes para el número de estacas con raíz, número de raíces por estaca, número de longitud de raíces por estaca y porcentaje de estacas con raíz. En la evaluación del prendimiento de la plantación el sustrato compost de igual manera fue bastante significativa, en la cual no influyeron las dosis de mayores concentraciones de AIB, llegando a obtener resultados favorables en las concentraciones de 0 y 1000 ppm en evaluaciones del número de brotes por estaca, número de longitud de brotes por estaca, número de hojas por estaca, prendimiento de la plantación. Se concluye que, sí es posible obtener plantones usando estacas de raíz en compost con 3000 y 4000 ppm de AIB.

**Palabras clave:** Plantones, estacas de raíz, ácido indol butírico, *Handroanthus billbergii*.

## ABSTRACT

The present study was conducted in the forest nursery "Teaching and Research Workshop" of the School of Forest Engineering and Environment of the Universidad Nacional de Tumbes from January to April 2020. The general objective was to obtain seedlings based on root cuttings from *Handroanthus billbergii*. A randomized complete block design with divided plots was applied for delineation, testing five doses of indole butyric acid (0, 1000, 2000, 3000, and 4000 ppm), in three types of substrate (river sand, compost, and forest soil). The results indicate that the compost substrate and the concentrations of 3000 and 4000 ppm had influence over the rooting of cuttings, obtaining significant values for the number of cuttings with root, number of roots per cuttings, number of root lengths per cuttings, and percentage of rooted cuttings. Compost substrate was also quite significant to plant take root, in which the doses of higher concentrations of IBA did not influence, reaching favorable results in concentrations of 0 and 1000 ppm in evaluations of the number of shoots per cuttings, number of shoot length per cuttings, number of leaves per cuttings, and planting take root. It is concluded that it is possible to obtain seedlings using root cuttings in compost with 3000 and 4000 ppm IBA.

**Keywords:** Seedlings, root cuttings, indole butyric acid, *Handroanthus billbergii*.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda de madera viene en aumento, debido a las múltiples necesidades que tiene el hombre, en lo cual se ha llegado a categorizar diversas especies forestales en Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazado (NT).

En Tumbes diversas especies forestales vienen siendo taladas de una manera indiscriminada colocándolas en eminente amenaza de extinción. La especie maderable nativa conocida como guayacán madero negro, antes *Tabebuia billbergii*, ahora *Handroanthus billbergii*, es particularmente afectada, debido a su alto valor comercial relacionado con su dureza, a pesar de estar protegida por la legislación peruana (More *et al.*, 2014; Garcia *et al.*, 2016).

*Handroanthus billbergii* (Guayacán madero negro), considerada de interés forestal por su alto valor económico y comercial; es cortado para el uso en paqueterías, puntales de casas, apuntales de cultivos agrícolas, cercos de chacras, corrales para el ganado (Vacuno, caprino, porcino, etc.), para la quema de ladrilleras. El desarrollo de una planta se da dentro de un indefinido periodo de tiempo, a pesar de eso las semillas presentan problemas al no germinar la mayor parte por lo que los frutos no alcanzan su maduración completa, múltiples frutos no logran cuajar, por ende, no tienen la capacidad suficiente para poder germinar. A pesar de ello, la sociedad viene explotando la especie de una forma desmesurada.

Desde tiempos antaño se han venido realizando diversos procedimientos para la recuperación de especies forestales mediante una propagación vegetativa. Rosero *et al.*, (2008), indican que “La propagación vegetativa comprende desde procedimientos sencillos, hasta procedimientos tecnológicamente muy avanzados, basados en la tecnología del cultivo de tejidos genéticamente homogénea, mejorada y libre de plagas y enfermedades”.

A la misma vez Greta (2014), señala que la propagación vegetativa se ha venido practicando para mantener la calidad genética de individuos que presentan características especiales de interés en su conservación y multiplicación de manera que se puede lograr la existencia de plantas valiosas para ser resistentes

a enfermedades e insectos, crecimiento rápido o de buen fenotipo u otras más, que con la intensa actividad antrópica están siendo depredados de los bosques, disminuyendo su población y la diversidad genética.

Por lo relatado los problemas que presenta la especie, es necesario desarrollar técnicas de propagación vegetativa que ayuden a la multiplicación de individuos y así mantener la diversidad genética, para desarrollo de programas de reforestación, forestación e arborización en la región de Tumbes.

En ese contexto la presente investigación tuvo como objetivo, obtener plántones de *Handroanthus billbergii* (Guayacán madero negro) a partir de estacas de raíz, extraídas de árboles de regeneración natural en la Región Tumbes. Todas las estacas se sometieron a diferentes concentraciones de ácido indol butírico y fueron sembradas en tres tipos de sustratos, evaluados al final de la experimentación, el enraizamiento, crecimiento y desarrollo de plantas en el vivero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. *Handroanthus billbergii*

Anteriormente se conocía el género y especie como *Tabebuia billbergii*, actualmente ha llegado a llamarse el género *Tabebuia* por *Handroanthus* tal como lo señala: CITES (2019), los géneros *Handroanthus spp*, *Tabebuias spp* y *Roseodendron spp*. Inicialmente, todas estas especies de *Handroanthus*, *Tabebuia* y *Roseodendron* eran incluidas en el género *Tabebuia* creado por De Candolle (1838) para albergar las Bignoniáceas arbóreas de hojas simples, y a la misma vez también señala La CITES, que últimamente, Grose y Olmstead (2007b) propusieron, con base en estudios filogenéticos, la división de *Tabebuia* en tres géneros: *Tabebuia*, *Handroanthus* y *Roseodendron*, ratificando, en definitivo, la segregación propuesta por Mattos (1970) la existencia de linajes distintas dentro del grupo.

En la clasificación de la taxonomía realizaron algunos cambios: Clase: Magnoliopsida, Orden: Lamiales, Familia: Bignoniaceae, Género: *Handroanthus spp*, *Tabebuias spp* y *Roseodendron spp*. A cada género se las designaron una cantidad de especies. El género *Handroanthus* conteniendo 30 especies, el género *Tabebuia* 73 especies y el género *Roseodendron* 3 especies (CITES, 2019).

### 2.2. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

*Handroanthus billbergii* (S.O. Grose, 2007) – Bignoniaceae. Sinónimo: *Tabebuia billbergii* (Bureau & K. Schum) Standl.

Según el Herbario Virtual FMB (2013), la especie *Handroanthus billbergii*, identificado por: *The Plant List database*. Lo clasifica taxonómicamente de la siguiente manera.

Reino	: Plantae
Subreino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Equisetopsida



Subclase : Magnoliidae  
 Superorden : Asteranae  
 Orden : Lamiales  
 Familia : Bignoniaceae  
 Género : Handroanthus  
 Especie : billbergii



**Figura 1: Muestra botánica *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schumam) S. O. Grose (FMB, 2013).**

INRENA (2002), citado por Silva (2009), es un árbol caducifolio, mediano hasta 14 metros de alto, la corteza es fisurada color pardo oscuro, fuste cilíndrico, hojas decusadas, digitadas con 2 a 5 folíolos, ovados angostos, borde entero, ápice agudo a acuminado, la base redondeada, el tamaño de los folíolos alcanza 10 cm de largo y 5 cm de ancho, el folíolo terminal es más grande, los laterales más pequeños, consistencia membranácea a cartacea, generalmente glabros o simplemente puberulentos a lo largo de la vena media. Inflorescencia de 2 a 8 flores en racimo terminales. Flores con cáliz campanulado, pubescente, con tricomas estrellados denso en la base. La corola amarilla con estrías rojizas en la garganta, tubiliforme, 6 a 8 cm de largo. El fruto es una delgada cápsula oblonga 17 a 29 cm largo, 8 a 10 mm ancho, semillas delgadas bialadas.

### **2.3. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA**

INRENA (2002); Silva (2009), indica que es propia y endémica del bosque seco de la costa del Ecuador y Perú. En el Perú se desarrolla en Tumbes y Piura. En la RBNO se encuentra en el PNCA, CCA y ZRT. Ecológicamente señala que está posicionada en el bosque codominante. En valles secos de 0 a 500msnm. En la RBNO en bosque muy seco tropical (bms-t), monte espinoso pre-montano tropical (mte-pmt) y monte espinoso tropical (mte-T). Se le considera especie vulnerable.

### **2.4. APROVECHAMIENTO DE LA ESPECIE**

Existen un sinnúmero de utilidades en los que son aprovechadas esta importante especie. Romero y Alvarez (2016), afirman:

Que la madera es utilizada para construcciones de casas, mueblería, cercos, leña, parquet y cruces de tumbas. Su corteza se hierve y se toma para limpiar la sangre, asimismo sus flores para desintoxicar el hígado y limpiar el riñón. Sus hojas, flores y frutos sirven como alimento del ganado y animales silvestres. Sus ramas son aprovechadas para la confección de cabos de palanas y cruces de tumbas. La planta en floración es un gran atractivo paisajístico y melífero.

### **2.5. ANTECEDENTES DE PROPAGACIÓN POR ESTACAS DE RAÍZ**

En Paraguay Ovando *et al.*, (2013), en la investigación que realizaron, plantearon como objetivo general evaluar la propagación vegetativa de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) conocido como Toledo (Lapacho negro), mediante el uso de esquejes de raíz, sometidos a diferentes concentraciones de ácido indol butírico (AIB) con tratamientos y plantados en dos épocas distintas. El sustrato consistió en una mezcla de arena gorda, vermiculita y estiércol vacuno en una proporción 2: 1:1. Las concentraciones de hormona empleadas fueron: 0 (cero) mg. dm<sup>3</sup> (T1), 1.000 mg. dm<sup>3</sup> (T2), 2.000 mg. dm<sup>3</sup> (T3), 3.000 mg. dm<sup>3</sup> (T4), 4.000 mg. (T5). El diseño que aplicaron fue completamente al azar. Determinaron cinco tratamientos, con cuatro repeticiones en donde cada unidad experimental estuvo compuesta de 10

estacas de raíz, es decir, a cada tratamiento le correspondió 40 esquejes, totalizando 200 unidades. Los resultados que obtuvieron fue mayor porcentaje de enraizamiento en primavera-verano con 23 %, pero mayor sobrevivencia en otoño-invierno (60 %). En primavera-verano obtuvieron mayor porcentaje de esquejes enraizados con el T4 (30 %), y en otoño- invierno, obtuvieron mayor porcentaje de esquejes enraizados con el T5 (12,5 %). No encontraron diferencias significativas al analizar el porcentaje de esquejes enraizados, longitud y número de raicillas por esqueje en ambas épocas al 95 % de nivel de confianza. El mayor índice de enraizamiento obtuvo con el T4 con un valor de 1,2 en primavera-verano.

En Chile Riffo *et al.*, (2015), en la investigación que realizaron plantearon como objetivo general evaluar la propagación vegetativa de *Paulownia elongata* x *fortunei*, mediante uso de esquejes de raíz extraídas de plantaciones de un año de edad. Operaron tres variables: diámetro de esqueje (tres niveles), tipo de sustrato (dos niveles) y estímulo exógeno con BAP/AIB (dos niveles). Trabajaron con doce tratamientos, cada uno con tres repeticiones. El mejor resultado obtuvo con esquejes de diámetro pequeño (0,65-0,79 cm), plantados en compost perlita y no tratados con hormonas, generando plantas de 9,44 cm en un periodo de 50 días. Concluye que para obtener plantones de *Paulownia*, la propagación vegetativa mediante el uso de esquejes de raíz de árboles de un año de edad es una opción viable.

## **2.6. PROPAGACIÓN VEGETATIVA**

La propagación vegetativa, asimismo llamada propagación (asexual, agámica o clonal), se ha venido utilizando desde tiempos antiguos como una forma de multiplicar plantas, estableciendo en algunos casos la forma tradicional de reproducir a algunas especies arbóreas. La propagación vegetativa es la reproducción de nuevos individuos a través de células, tejidos u órganos, sin que sea necesaria la manifestación del proceso de fecundación lo cual implica la fusión de los gametos o células sexuales (Gutiérrez y Ortiz, 2005). Así mismo Rojas *et al.*, (2004), definen la propagación vegetativa como la reproducción de una planta a partir de una célula un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas).

La manera de como adquirir una parte vegetativa y elegir las condiciones para una reproducción exitosa. Hartmann y Kester (1994), indica que se corta de la planta madre una porción de tallo, raíz u hoja, posteriormente de lo cual esa porción se planta en ciertas condiciones ambientales favorables para que forme raíces y tallos, y obtener una nueva planta, independiente, que en la mayor parte de los casos es idéntica a la planta madre. Esta reproducción vegetativa es posible porque cada célula de la planta original contiene información genética necesaria para generar una planta exacta (Hartmann y Kester, 1992).

La propagación vegetativa en función de las técnicas empleadas por Gutiérrez y Ortiz (2005), la clasifican en dos categorías.

- a. Macropropagación, consiste en la formación de raíces o tallos adventicios en estacas, acodos e injertos, de una manera breve.
- b. Micropropagación, consiste en obtener plantas cultivando en forma aséptica porciones muy pequeñas de células o tejidos de la planta madre en depósitos de vidrio (invitro) en donde se controlan las condiciones ambientales y de nutrición; estos cultivos se efectúan en instalaciones especiales como laboratorios, manejando técnicas asépticas de manipulación y cultivo del material.

## **2.7. IMPORTANCIA DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA.**

Rojas *et al.*, (2004), indica que la propagación vegetativa es una técnica que ha alcanzado gran importancia en la propagación y conservación de especies arbóreas, que se encontraban en peligro de extinción o amenazadas. En donde con la propagación vegetativa se pretende:

Valorar genéticamente material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo ambiente, manifestaciones juveniles y maduras de una misma característica, etc.

- a. Preservar genotipos y complejos genéticos en bancos clonales y arboretos.

- b. Acortar ciclos reproductivos para acelerar procesos de cruzamiento y prueba.
- c. Conservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables (resistencia a plagas y/o enfermedades, crecimiento, producción, calidad de frutos, tolerancia a condiciones extremas de humedad o sequía, etc.). Estas características se pueden "perder" por el cruzamiento genético en la propagación sexual.
- d. Ser más eficiente cuando la reproducción sexual no es el método más Viable o eficaz.
- e. Propagar especies que sus semillas presentan problemas de germinación o de almacenamiento o que son de ciclo reproductivo largo.
- f. Aprovechar las características genéticas favorables de dos plantas en una sola planta.
- g. Manejar las diferentes fases del desarrollo de las plantas.
- h. Obtener" plantaciones uniformes o la producción de un determinado número de individuos con identidad genética.

## **2.8. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA**

Existen diferentes métodos para una propagación entre los que Gispert (1984), citado por Greta (2014), puntualiza cuatro métodos de propagación vegetativa:

- a. La primera es por estacas que consiste en secciones de tallos o ramas que puestos en condiciones permite el enraizamiento.
- b. La segunda es por injerto, consiste en propagar las plantas por medio de soldaduras de una yema con otro llamado patrón.
- c. La tercera es por acodo, que son secciones de una planta que son sometidos a un proceso provocado de enraizamiento, responde positivamente al tratamiento. Luego de lograr la nueva plántula se le separa de la planta madre.

- d. La cuarta es por tejido de cultivo, cuando se logra nuevos vástagos en función a la utilización de tejidos, células o protoplastos del vegetal.

## **2.9. PROPAGACIÓN POR ESTACAS**

Huanca (2010), señala que la propagación por estacas, es una porción que se extrae parte del tallo, de la raíz o de la hoja se aparta de la planta madre, luego se siembra en ambientes requeridos para la formación de raíces y tallos adventicios, llegando a obtener así una nueva planta independiente, que en la mayor parte de los casos es igual a la planta de la cual se extrajo la porción. De igual manera Rojas *et al.*, (2004), señala que la propagación por estacas 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 brotes de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta.

### **2.9.1. ESTACA DE RAÍZ**

Es un trozo que se obtienen de cualquier parte de la raíz de la planta con el fin de hacerle que emita raíces y brotes para la formación de una nueva planta.

Para obtener plántulas a partir de estacas de raíz se preparan platabandas con tierra arenosa esterilizada, donde se "siembran" los trozos de raíces de 10 a 15 cm de largo y no mayores a 5 mm de diámetro, previamente desinfectadas. Las plántulas una vez desarrolladas son repicadas, previa rusticación, a terreno definitivo al final de la temporada - verano, con las precauciones de riego correspondientes, o bien son trasplantadas a bolsas para ser llevadas a terreno al invierno siguiente (Godoy, 2002; Llanto, 2018).

Hartmann y Kester (1998), señala en las estacas de raíz se inicia un tallo nuevo a partir de un brote adventicio, así como la aparición de pelos absorbentes de la parte de la raíz ya existente, posteriormente esos pelos desarrollan para la formación de raíces adventicias. La generación de nuevas plantas a partir de estacas de raíz se desarrolla de diferentes formas, dependiendo de la especie. En general en el sembrado por estacas de raíz, aparecen primero el tallo adventicio y luego las raíces. En cambio, en otros

sembríos cuando surgen los primeros brotes ya se ha formado raíces bien desarrollado. Por otra parte, las estacas de raíz de algunas especies forman un fuerte tallo adventicio; pero no generan nuevas raíces y posteriormente la estaca muere. En otros casos las estacas de raíz producen un nuevo sistema radical fuerte, pero no brotan tallos adventicios, así, por último, la estaca muere.

Sadhu (2005); Gárate (2010), indica que no todas las especies pueden ser propagadas por estacas de raíz; en general, las que producen retoños libremente, bajo condiciones naturales son fácilmente propagados por raíz; el éxito depende de su grosor, así, las estacas más gruesas dan mejores resultados que las delgadas. Por otra parte, Hartmann y Kester (1992), habla las estacas de raíz, tomadas de árboles procedentes de semilla, muy jóvenes llegan a producir con mayor éxito que aquellas tomadas de árboles más viejos.

Hartmann y Kester (1995), citado por Gárate (2010), donde señala la importancia para la obtener una nueva planta, al momento de sembrar las estacas de raíz se debe mantener la polaridad correcta. Evitar sembrar invertida, que al momento de extraerlas de la planta madre de debe realizar un corte recto en el extremo proximal (el más cercano a la corona de la planta) y un corte bisel en el extremo distal (el más alejado de la corona). Las estacas de raíz siempre se deben plantar con el extremo proximal hacia arriba.

## **2.10. VENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS**

Soudre *et al.*, (2008), señala que la propagación por estacas presenta muchas ventajas en comparación con el uso de material proveniente de semillas. Llegando a obtener; mayor ganancia genética, al capturar tanto los componentes aditivos como no aditivos de la variación genética total; mayor productividad y mejor calidad del producto; mayor homogeneidad en plantaciones; mayor facilidad de manejo.



## **2.11. DESVENTAJAS DE LA PROPAGACION POR ESTACAS**

Soudre *et al.*, (2008), señala que la propagación por estacas presenta algunas desventajas en comparación con el uso de semillas. En los cuales indican que es un proceso más elaborado que el uso de semillas; el costo final de cada planta es ligeramente mayor (pero se justifica plenamente); la tala del árbol seleccionado puede ser problemática en ciertas circunstancias (aunque existen medidas alternativas); algunas especies no producen rebrotes (afortunadamente son la excepción).

## **2.12. FACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE ENRAIZAMIENTO**

Según Hartmann y Kester (1994), indican que los factores ambientales que afectan el enraizamiento son:

- A. Selección del material para estacas
  - Condición fisiológica de la planta madre
  - Factor de juvenilidad (edad de la planta madre)
  - Tipo de madera seleccionada
  - Presencia de virus
  - Época del año en que se toma la estaca
  - Tratamiento de las estacas
  - Reguladores del crecimiento
  - Nutrientes minerales
  - Fungicidas
  - Lesionado
  
- B. Condiciones ambientales durante el enraizamiento
  - Medio de enraíce
  - Relaciones con el agua
  - Temperatura
  - Luz: Intensidad, longitud del día, calidad de la luz.

## **2.13. MEDIOS PARA ENRAIZAMIENTO**

### **2.13.1. Sustratos**

Resello *et al.*, (2002), citado por Morales (2016), apunta que los sustratos se pueden encontrar de forma natural o artificial, esto debido a las múltiples mezclas que efectúan los investigadores con el fin de hallar el medio adecuado para la propagación de las diferentes especies. Gárate (2010), señala que existen diferentes tipos de sustratos de enraizamiento que se usan a nivel mundial, entre ellos el suelo con características propias de la especie, la arena de río, musgo turboso, musgo esfagníneo desmenuzado, vermiculita, perlita, piedra pómez, bloques de material sintético, tecnopor e inclusive el agua.

Cornejo (2018), señala para el enraizamiento de estaca se requiere de un sustrato adecuado, con capacidad de retención de humedad, aireación, fácil manejo, luego ese mismo medio de enraizamiento puede ser aprovechada al momento de la plantación para su adaptación.

Mesen *et al.*, (1992), citado por Gárate (2010), recomienda que cuando se busca simplicidad y economía es indispensable usar medios de bajo costo y fácil adquisición, tales como arena, grava y aserrín, si bien los sustratos como vermiculita, perlita y turba, son medios efectivos para el enraizamiento de estacas, los costos pueden resultar prohibitivos para los proyectos de desarrollo rural.

#### **A. Arena**

Mesen (1998), indica que la arena es el medio apropiado para el enraizamiento, el cuál proporciona aireación y retención de agua adecuada, facilita la apertura de hoyos, la inserción y la extracción de las estacas enraizadas prestan para el sembrado en el campo definitivo.

#### **B. Tierra negra**

Se origina naturalmente, bajo los árboles en un área densa, el material orgánico muerto entra en desintegración añadiendo materia orgánica al

suelo existente, este proceso forma un nuevo suelo enriquecido y crea la tierra negra (Moncada, 2004; Arce, 2014)

En sus características posee material orgánico de plantas que se ha descompuesto en partículas pequeñas por organismos descomponedores. Estas gravas de materia orgánica mejoran la textura del suelo permitiéndole retener agua y proveer una buena circulación de aire, necesaria para el crecimiento de las raíces. (Moncada, 2004; Arce, 2014).

### **C. Suelo forestal**

Estrato y suelo superficial que se combinan entre el horizonte O y A, formado por material mineral y orgánico, penetrado por cantidad variables de agua y aire y que sirve de medio para la mantención de la vegetación forestal (Infojardín, 2002-2020)

El suelo se usa para plantar estacas de madera dura de especies deciduas y estacas de raíz; por otra parte, el suelo no se considera un medio conveniente para el enraizamiento de estacas suculentas, como la madera semidura y suave (Hartmann y Kester 1995; Huisa, 2015).

### **D. Compost**

Compost es un abono compuesto por múltiples residuos orgánicos (desechos domésticos, hiervas, deyecciones animales, etc.), tierra y cal (Camacho, 2017).

El compost es un proceso natural de desintegración de restos orgánicos mediante procesos fermentativos, organismos descomponedores que operan sobre la materia orgánica degradándola, llegando el medio a presentar características, casi similar a la arena de una tonalidad muy oscura que contiene todos los nutrientes de los restos vegetales descompuestos (Ecoamérica, 2001, citado por Arce , 2014).

De igual manera cita a Copaja (2013), que el compost es el efecto del proceso biológico que asegura la fermentación y descomposición,

llegando a obtener un producto final de aspecto parecido a la tierra y rico en nutrientes minerales para las plantas.

### **2.13.2. Auxinas**

Rojas *et al.*, (2004), mencionan que hay varios tipos de auxinas, algunas son naturales y otras sintéticas, se conocen el ácido indol acético (AIA), Ácido naftalacético (ANA), ácido indol butírico (AIB), 2,4.-D Y 2.4, 5-T.

#### **Ácido indol butírico (AIB)**

Mesen (1998), indica que el Ácido indol butírico (AIB) (Ácido 4-indol-3-butírico) es un regulador de crecimiento del tipo de auxina, de amplio espectro. Aplicada en bajas cantidades, promueven y aceleran la formación de raíces de todo tipo y muy utilizado en la horticultura. Asimismo, señala su función principal es la propagación asexual de plantas, sea por estacas, esquejes, etc.

El ácido Indol butírico (AIB), es una auxina sintética químicamente similar al Acido Indolacético (AIA) que en la mayoría de las especies ha demostrado su efectividad frente a otras auxinas como el ácido naftalenacético (ANA); la hormona AIB, ofrece muchas ventajas, el cual no se degrada fácilmente por la luz o microorganismos, es insoluble en agua, no es tóxico y permanece por más tiempo en el sitio de aplicación (Mensen, 1998; Huisa, 2015).

El Ácido indol butírico (AIB) es la auxina más utilizada, no es fotosensible, no es soluble en agua, y ha probado ser efectiva en una gran cantidad de especies. La mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 0,2 % (2000 ppm) a 0,3 % (3000 ppm) de AIB, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores (Soudre *et al.*, 2008).

## 2.14. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Propagación vegetativa:** La propagación vegetativa es la generación de nuevos individuos a partir de células, tejidos u órganos, sin que se manifieste el proceso fecundación que implica la fusión de los gametos o células sexuales. Esta forma de reproducción, también conocida como clonación, se basa en el concepto de totipotencialidad de las células, y se presenta en forma natural en algunos organismos inferiores y plantas. La totipotencialidad es la propiedad de cada célula vegetativa viviente de contener toda la información genética necesaria para regenerar al organismo completo del cual forma parte ( Gutiérrez y Ortiz, 2005).

**Reproducción asexual:** Formación de un nuevo ser a partir de células distintas a las reproductivas. (Mesen, 2008).

**Estaca o Esqueje:** “Se le da el nombre de estaca o esqueje a un trozo de rama, raíz u hoja tomado de una planta madre que, después de cortada y plantada en un medio favorable es capaz de emitir raíces y ramas, y por consiguiente, da lugar a una nueva planta”.

**Esquejes de raíz:** “Los esquejes de raíz son pequeños fragmentos de raíces que se cortan de la planta madre y son plantados a comienzos de primavera para realizar la reproducción de algunas plantas.

**Ortet:** Individuo propagado vegetativamente para dar origen a un clon (árbol donante). Normalmente se tratará de un individuo con características superiores al promedio de su especie (árbol plus) (Soudre *et al.*, 2008).

**Ramet o rameto:** cada uno de los propágulos vegetativos generados a partir de un ortet. (Soudre *et al.*, 2008).

**Clon:** El conjunto de rametos genéticamente idénticos, es decir, que se originan de un mismo ortet. (Soudre, Mesen *et al.*, 2008).

**Longitud del brote:** Es la distancia desde la base del brote hasta el ápice de la misma. (Gárate, 2010).

**Tela Raschell (Sarán):** Malla de polietileno de alta densidad que regula el paso de luz, dando una variedad de porcentajes de sombra (40, 50, 60, 75 y 85 %).

**Totipotencia:** Indica que cualquier célula vegetal contiene una copia íntegra del material genético de la planta a la que pertenece sin importar su función o posición en ella, y por lo tanto tiene el potencial para regenerar una nueva planta completa.

**Auxina:** Cualquiera de las hormonas o sustancias activadoras de crecimiento del tallo, raíz, la inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y frutos, desarrollo de frutos y la activación de las células del cambiúm entre otros procesos (Hartmann y Kester, 1998).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en el vivero forestal (Taller de enseñanza e investigación) de la escuela de ingeniería forestal y medio ambiente de la Universidad Nacional de Tumbes, ubicada en la ciudad Universitaria-Pampa Grande; distrito y provincia de Tumbes, situado en la coordenada UTM 561732.93 m E - 9604018.47 m N. -Datum WGS84 (Anexo 1).

#### 3.2. LUGAR DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL DE ESTUDIO

El material para la propagación se extrajo de un grupo de árboles seleccionados de *Handroanthus billbergii* (Guayacán madero negro), de edad aproximada 10 años, ubicado en el centro poblado de Cabuyal del distrito de Pampas de Hospital, provincia y departamento de Tumbes, situado entre las coordenadas UTM. 563346.73 m E - 9589372.78 m N. -Datum WGS84, (Anexo 2).

##### 3.2.1. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

###### A. Materiales

- Material Vegetal: Estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* (Guayacán madero negro).
- Balde de plástico transparente de tapa hermética 4 litros
- Malla Raschel de media sombra de 50% de luminosidad
- Bolsas negras de polietileno para el transporte del material vegetativo
- Regadera para plantas
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Libreta de apuntes
- Plumones indelebles
- Codificadores
- Papel de aluminio
- Papel periódico
- Lapicero
- Tijera podadora (grande y pequeña)

- Pie de rey o vernier
- Regla de 20 cm, 30 cm y 60 cm

#### **B. Insumos**

- Sustratos (Arena de río, Compost y Suelo forestal)
- Ácido indol butírico (AIB)
- Alcohol etílico 96%
- Agua destilada
- Producto sellador o cicatrizante

#### **C. Equipos**

- Cámara fotográfica
- Navegador de GPS.

#### **D. Software**

- Microsoft Word
- Microsoft Excel, Google Earth y Arcgis

### **3.3. TIPO DE ESTUDIO**

Fue experimental; asimismo, la investigación según el objeto de estudio es aplicado, las variables en estudio son experimentales, el nivel de medición y análisis de la información es explicativa.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

- **Población:** Estuvo conformada por 450 unidades experimentales de estacas de raíz obtenidas de las plantas de *Handroanthus billbergii*.
- **Muestra:** Quedó conformada por 10 unidades experimentales de estacas de raíz por tratamiento.

### **3.5. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO**

Para el desarrollo del estudio se utilizaron tres tipos de sustratos influenciados por cinco dosis de ácido indol butírico (AIB), los códigos con su descripción se muestran a continuación:



**Cuadro 1: Descripción de los tratamientos**

Factores	Niveles	Clave	N°	Tratamientos
Sustrato	-Arena de río	S <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> D <sub>0</sub> (Arena de río / 0 ppm de AIB)
			T <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> D <sub>1</sub> (Arena de río / 1000 ppm de AIB)
			T <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> D <sub>2</sub> (Arena de río / 2000 ppm de AIB)
	-Compost -Suelo forestal	S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> D <sub>3</sub> (Arena de río / 3000 ppm de AIB)
			T <sub>5</sub>	S <sub>1</sub> D <sub>4</sub> (Arena de río / 4000 ppm de AIB)
			T <sub>6</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>0</sub> (Compost / 0 ppm de AIB)
			T <sub>7</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>1</sub> (Compost / 1000 ppm de AIB)
Dosis de AIB en ppm	0 1000 2000 3000 4000	D <sub>0</sub> D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>	T <sub>8</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>2</sub> (Compost / 2000 ppm de AIB)
			T <sub>9</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>3</sub> (Compost / 3000 ppm de AIB)
			T <sub>10</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>4</sub> (Compost / 4000 ppm de AIB)
			T <sub>11</sub>	S <sub>3</sub> D <sub>0</sub> (Suelo forestal / 0 ppm de AIB)
	T <sub>12</sub>	S <sub>3</sub> D <sub>1</sub> (Suelo forestal / 1000 ppm de AIB)		
	T <sub>13</sub>	S <sub>3</sub> D <sub>2</sub> (Suelo forestal / 2000 ppm de AIB)		
	T <sub>14</sub>	S <sub>3</sub> D <sub>3</sub> (Suelo forestal / 3000 ppm de AIB)		
	T <sub>15</sub>	S <sub>3</sub> D <sub>4</sub> (Suelo forestal / 4000 ppm de AIB)		

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el experimento se aplicó un diseño estadístico de bloques completamente al azar, en parcelas divididas con arreglo factorial 3x5 tratamientos, utilizando 3 tipos de sustratos y 5 dosis de ácido indol butírico (AIB), lo cual nos dará 15 tratamientos, con tres repeticiones, donde las parcelas grandes corresponden a los factores sustratos y la sub-parcela a los niveles dosis de AIB, con unidad experimental de 10 estacas por tratamiento (anexo 3).

#### 3.6.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos son procesados por análisis de varianza ANVA.

#### 3.6.2. MODELOS ADITIVO LINEAL

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \epsilon_{ij} + D_k + (\text{SD})_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = observación individual obtenida en el i-ésimo, la j-ésima repetición y k-ésima dosis de AIB.

$\mu$  = promedio general

i = sustrato

j = bloques

k = dosis

$S_i$  = efecto del nivel i del factor S (sustrato)

$\epsilon_{ij}$  = variación al azar de la parcela principal (error S)

$D_k$  = efecto del nivel K del factor D (dosis)

$(SD)_{ik}$  = interacción entre el factor S (sustrato) y el factor D (dosis)

$\epsilon_{ijk}$  = variación al azar entre las subparcelas (error D)

**Para:**

i = 1, 2,3, niveles del factor S

j = 1, 2,3, Bloques

k = 1, 2, 3, 4,5 dosis D

**3.6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de varianza (ANVA) está conformado por las siguientes fuentes de variabilidad; tratamientos, dos factores en prueba: (S) sustratos y (D) dosis de ácido indol butírico, las interacciones entre ambos factores ( $S^*D$ ) y el error experimental.

**Cuadro 2: Descripción del análisis de varianza**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	B-1	$SCT_{BLOQUE}$	$CM_{BLOQUE}$	$\frac{CM_{BLOQUE}}{CM_{ERROR}}$	
Factor S	p-1	$SCF_S$	$CMF_S$	$\frac{CMF_S}{CM_{ERROR}}$	
Factor D	q -1	$SCF_D$	$CMF_D$	$\frac{CMF_D}{CM_{ERROR}}$	
Interacción S x D	(p-1) (q-1)	$SCI_{SD}$	$CMI_{SD}$	$\frac{CMI_{SD}}{CM_{ERROR}}$	
error	(T-1) (B-1)	$SC_{ERROR}$	$CM_{ERROR}$		
Total	pqn -1				

### 3.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

#### A. Cama de propagación

Largo total de la cama.....3,60 m

Ancho total de la cama.....1,44 m

Área total de la cama.....5,18 m<sup>2</sup>

#### B. Bloques

Número de bloques para el experimento.....3

Largo de los bloques..... 3,60 m

Ancho de los bloques.....48 cm

#### C. Parcelas

Longitud de las sub parcelas.....24 cm

Ancho de las sub parcelas.....48 cm

Total de unidades experimentales del experimento.....45

Distanciamiento entre estacas del experimento.....8 cm

#### **D. Tamaño del tratamiento.**

Nº de tratamientos/bloque del experimento..... 15

Nº de muestras/tratamiento.....10

Total de estaquillas/bloque del experimento.....150

Total de estaquillas utilizadas del experimento.....450

### **3.7. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO**

#### **3.7.1. SELECCIÓN DE PLANTAS MADRES**

Para la extracción se seleccionaron 75 árboles de *Handroanthus billbergii* (Guayacán madero negro), basados en sus características fenotípicas sobresalientes. Que son originados por regeneración natural, una vez seleccionados los árboles, se procedió a la toma de georreferenciación.

#### **3.7.2. RECOLECCIÓN DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN**

Para la extracción de las estacas de raíz. Se tomó una raíz secundaria por árbol, se cortaron un esqueje de 90 cm. Luego ese esqueje de 90cm de largo se le hizo el corte en 6 partes iguales en el laboratorio de Dendrologia de la universidad Nacional de Tumbes, con la finalidad de que no pierda sustancias de reserva. Las estacas de raíz tuvieron una medida estándar de 15 cm de longitud y 1,0 a 2.0 cm de diámetro en el extremo proximal para todos los tratamientos. Los tipos de cortes y protección a las muestras hasta la conduccion del experimento, se continuo lo realizado por Ovando *et al.*, (2013), los mismos, fueron cortados en bisel en el extremo proximal (el más cercano a la corona de la planta) y en forma recta en el extremo distal (el más alejado de la corona). A medida que los esquejes se extraían se le iba eliminando los pelos radiculares antes de introducirlos en una bolsa plástica, remojados luego con agua para minimizar su deshidratación durante el traslado al vivero. Finalizada la extracción se procedió inmediatamente a

trasladar las bolsas con las muestras a la casa de vegetación del vivero para establecer el experimento.

Luego al momento de que se extrajo las muestras por árbol, se les aplicó un producto sellador y cicatrizante para que no pierda sustancias de reserva y así no sean atacados por agentes patógenos.

Los esquejes extraídos fueron colocados con papel periódico remojado en una funda grande o bolsa de polietileno para el traslado hasta el lugar del experimento.

### **3.7.3. USO DE SUSTRATOS**

Los sustratos que se utilizaron para el experimento: son Arena de río, Compost y Suelo forestal. Cada sustrato se colocó de acuerdo a las parcelas asignadas.

### **3.7.4. ÁREA DE EXPERIMENTO**

Se usaron una de las camas que se encuentran construidas en el vivero; las dimensiones son de 3,60 metros de largo, 1,44 metro de ancho, 30 cm de altura de los muros y 2 metros la altura del techo, en la cual se colocó una malla raschel al 50 % de sombra, para disminuir la intensidad de los rayos solares.

La cama se dividió con tablas de acuerdo a las medidas de las parcelas y sub parcelas.

### **3.7.5. PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO**

La preparación de solución del ácido indol butírico (AIB), a concentraciones de 1000.0, 2000.0, 3000.0 y 4000.0 ppm. Se pesó 0.50, 1.0, 1.5 y 2.0 gr del ácido en polvo. Luego se diluyó en alcohol etílico (96 %) y agua destilada, por ejemplo: para preparar una solución de 3000 ppm se disolvió 1,5 g del ácido, en 50 ml de alcohol, llevada a un volumen final de 500 ml con agua destilada.

### **3.7.6. PREPARACIÓN DE LAS ESTACAS Y APLICACIÓN DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO**

Las estacas fueron cortadas en forma bisel en el extremo proximal (el más cercano a la corona de la planta) y en forma recta en el extremo distal (el más alejado de la corona). Luego se continuo lo realizado por Vidal (2010), la forma de aplicación fue por inmersión rápida que consistió en introducir la base de la estaca en una solución concentrada de ácido indol butírico por cinco segundos, luego las estacas pasaron por un sistema de ventilación por 15 a 30 segundos, hasta que el alcohol se volatilice y pueda adherirse solamente el ácido indol butírico, finalmente se realizó la instalación en los sustratos previamente incluidos en la cama de propagación.

### **3.7.7. SEMBRADO DE ESTACAS**

Para la siembra de las estacas primero se realizaron 450 hoyos, la profundidad del hoyo fue de 13,5 cm en forma vertical, el diámetro de los hoyos al 50 % mayor que el de las estacas, esto facilito la introducción al sustrato sin deteriorar la base de la estaca y proteger los trazos de hormona adherida a su base. La parte del extremo distal de la estaca se introdujo en el sustrato, dejando 1,5 cm del extremo proximal para el desarrollo de la parte aérea, la distancia de la plantación fue de 8 cm por 8 cm.

Es recomendable que el diámetro del hoyo sea un 50 % mayor que el de la estaca, esto permite el fácil ingreso de la estaca al sustrato sin dañar la base de la estaca y proteger los rasgos de hormona adherida a su base.

### **3.7.8. RIEGOS Y DESHIERBO**

Se aplicaron riegos frecuentes y ligeros, utilizando una regadera, tratando que el medio enraizante se encuentre siempre en condiciones de capacidad de campo. Deshierbo se realizaron en forma manual cada vez que aparezcan hierbas en el experimento.

### **3.8. EVALUACIONES EXPERIMENTALES**

La evaluación se realizó a los 90 días del establecimiento del experimento. En la evaluación se registraron datos: Número de estacas con raíces, número de raíces por estacas, promedio de longitud de raíces por estaca, porcentaje de enraizamiento de las estacas, número promedio de estacas con brotes, número promedio de brotes foliares por estacas, promedio de longitud de brotes por estaca, número promedio de hojas por estaca y porcentaje de prendimiento de la planta hasta el final de evaluación.

#### **3.8.1. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES**

Se cuantificaron las estacas que presentaron raíces en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Las cuantificaciones se realizaron al final del experimento.

#### **3.8.2. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA**

Se realizó el conteo al final del experimento, contándose el número de raíces por estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

#### **3.8.3. PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES POR ESTACA**

Se realizó al final del experimento, con el apoyo del vernier milimetrado la longitud de la raíz, en base al total de unidades por tratamiento y repetición.

#### **3.8.4. PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS**

Se evaluó al final del experimento, contándose el número de estacas enraizadas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Se consideró como estaca enraizada la que presentó al menos una raíz de 1 cm de largo.

### **3.8.5. NÚMERO PROMEDIO DE ESTACAS CON BROTE**

Se cuantificaron las estacas que presentaron brotes en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Las cuantificaciones se realizaron al final del experimento.

### **3.8.6. NÚMERO PROMEDIO DE BROTES FOLIARES POR ESTACA**

Se realizó el conteo al final del experimento, contándose el número de brotes en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

### **3.8.7. PROMEDIO DE LONGITUD DE BROTES POR ESTACA**

Se realizó al final del experimento, con el apoyo de un vernier milimetrado la longitud de los brotes, en base al total de unidades por tratamiento y repetición.

### **3.8.8. NÚMERO PROMEDIO DE HOJAS POR ESTACA**

Se realizó el conteo al final del experimento, contándose el número de hojas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

### **3.8.9. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LA PLANTA HASTA EL FINAL DE EVALUACIÓN**

Se evaluó al final del experimento, contándose el número de plantas que se sobrevivieron en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Se consideró como planta la que presenta al menos un brote con un par de hojas formada.

## **3.9. EVALUACIÓN METEOROLÓGICA**

Se registraron datos sobre las condiciones climáticas durante el periodo del experimento que fue entre los meses de enero, febrero, marzo y abril (Temperatura media, precipitación y humedad relativa). Los datos se tomaron de la estación meteorológica Campamento Sede-Tumbes, se detalla en el cuadro N° 3.



**Cuadro 3: Datos meteorológicos de la estación meteorológica campamento sede –Tumbes.**

<b>Mes 2020</b>	<b>Temperatura Media</b>	<b>Precipitación mm</b>	<b>Humedad relativa %</b>
Enero	26,59	0,04	85,72
Febrero	26,81	0,17	-
Marzo	26,71	0,04	91,96
Abril	26,52	0,01	91,00
<b>Suma</b>		0,25	-
<b>Promedio</b>	26,66		89,56

### **3.10. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.**

Recopilada la información se insertó al programa Excel para obtener los datos estadísticos de acuerdo al diseño experimental, se procedió a su ordenamiento y análisis con el fin de ver los niveles de significancia de la propagación vegetativa asexual de la especie *Handroanthus billbergii*, mediante enraizamientos. Después de haber realizado los análisis se procedió a la redacción técnica de la tesis.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍZ

En el cuadro 4. Nos muestra el análisis de varianza para el número de estacas con raíz que existe diferencia significativa en el factor S, mientras que en el factor D existen diferencia altamente significativa, en cambio en su interacción S x D no hay diferencia significativa.

**Cuadro 4: Análisis de varianza para el número de estacas con raíz**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	226,58	113,29	54,07	3,34
Factor S	2	30,18	15,09	7,20	3,34
Factor D	4	116,80	29,20	13,94	2,71
Interacción S x D	8	20,93	2,62	1,25	2,29
Error	28	58,67	2,10		
Total	44				

En el cuadro 5 y figura 2, la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) entre las medias del número estacas con raíz obtenidas en tres tipos de sustratos, indica que existen diferencias significativas entre los tres tipos de sustrato. El mayor número de estacas que enraizaron en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato compost que de 150 estacas sembradas, 130 lograron enraizar obteniendo una media de 26,00 y el menor número de estacas que enraizaron fue en el sustrato arena de río logrando enraizar 100 estacas con una media de 20,00.

Los resultados indican que para el enraizamiento de las estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* no se requiere sustrato muy fino, si no aquel que proporcione normal capacidad de retención de agua y buen drenaje, las mismas características presenta el sustrato compost que posiblemente favorecieron para el mayor número de estacas enraícen; en comparación a los demás sustratos usados, el suelo forestal también presenta resultados favorables, esto se deba posiblemente a que el suelo presenta restos de

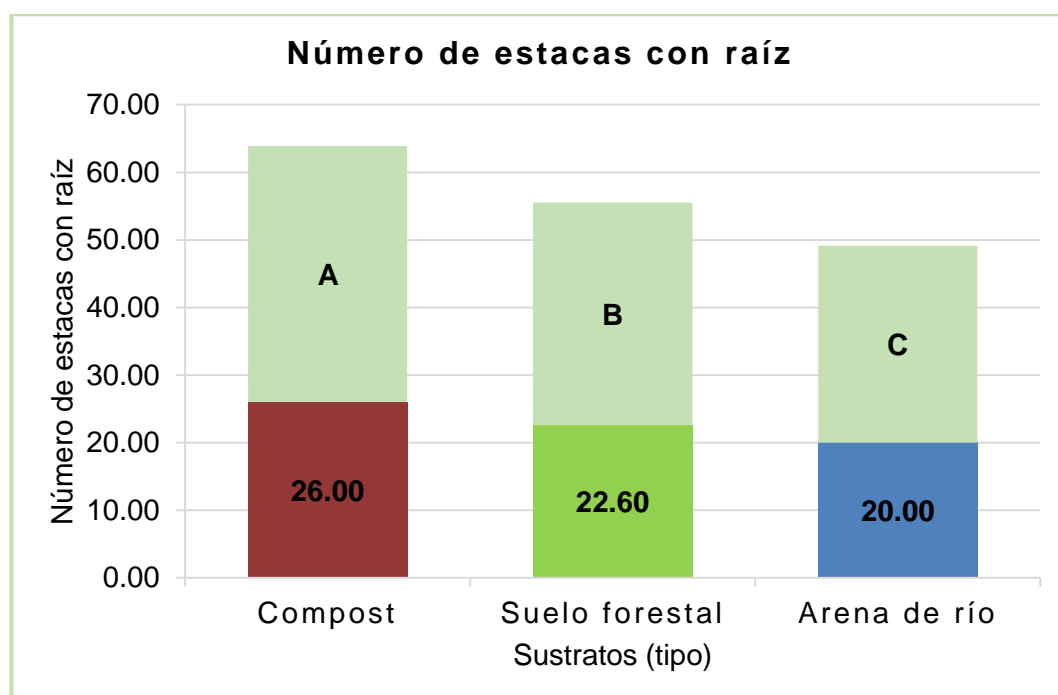
materia orgánica lo cual hace que el agua no se retenga mucho y facilite la emisión de raíces en las estacas. En cambio la arena de río retenía bastante humedad, posiblemente esto limitó a que en su totalidad de las estacas emitan sus raíces.

**Cuadro 5: Prueba de comparación de medias para los sustratos con respecto al número de estacas con raíz (Tukey  $\alpha = 0,05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Número de estacas con raíz						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	26,00		SI	SI	A		
Suelo forestal	22,60	SI		SI		B	
Arena de río	20,00	SI	SI				C

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha = 0,05$ ).*



**Figura 2: Número de estacas con raíz según el tipo de sustrato**

En el cuadro 6 y figura 3, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias del número estacas con raíz obtenidas en cinco dosis de AIB, que existen diferencia significativa entre la dosis de 0 ppm y el resto de dosis, además entre las dosis de 4000 y 1000 ppm. El mayor número promedio de estacas que emitieron raíces en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue la dosis de

4000 ppm que de 90 estacas sembradas 80 lograron enraizar con un promedio de 26,67 estacas, y el menor número promedio de estacas que emitieron raíces fue en la dosis 0 ppm que tan solo emitieron raíz 40 estacas con un promedio de 13,33.

Los resultados indican que para el enraizamiento de las estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* se requieren ensayar dosis de AIB superiores a 1000 ppm. Tal es el caso de del experimento que se obtuvo mayor resultados con la dosis de 4000 ppm en comparación a los demás dosis aplicados. En la interacción del sustrato con las dosis de AIB nos indica que no existe diferencia significativa, pero numéricamente se puede ver que si hay influencia entre el sustrato compost con la dosis de 4000 ppm; Los resultados son mayores a los encontrado por Ovando et al., (2013), quien encontró una media 3,81, 4,88 y 5,17 estacas con raíz en la época de primavera-verano a dosis de 0, 1000 y 3000 ppm respectivamente, esto podría ser debido al sustrato que se utilizó y la estación en la que se realizó la plantación, que fue en la época de verano.

**Cuadro 6: Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al número de estacas con raíz (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Número de estacas con raíz										
	Medias	Comparación					Significancia				
4000	26,67		NO	NO	SI	SI	A				
2000	25,33	NO		NO	NO	SI		A			
3000	24,67	NO	NO		NO	SI			A		
1000	24,33	SI	NO	NO		SI				B	A
0	13,33	SI	SI	SI	SI						C

*Letras distintas indicas diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*

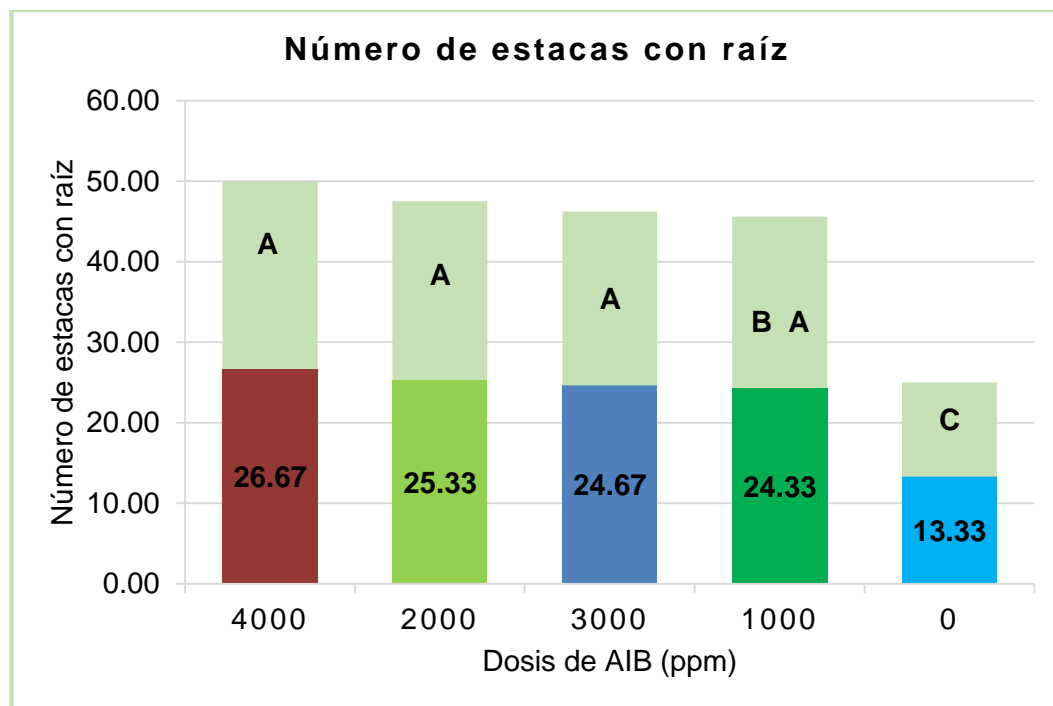


Figura 3: Número de estacas con raíz según el nivel de dosis de AIB

#### 4.2. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA

En el cuadro 7. Nos muestra el análisis de varianza para el número de raíces por estaca que hay diferencia altamente significativa en el factor S, mientras que en el factor D solo hay diferencia significativa, en cambio en su interacción S x D no hay diferencia significativa.

Cuadro 7: Análisis de varianza para el promedio de raíces por estaca

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	120,39	60,20	47,71	3,34
Factor S	2	38,41	19,20	15,22	3,34
Factor D	4	41,91	10,48	8,31	2,71
Interacción S x D	8	4,75	0,59	0,47	2,29
error	28	35,33	1,26		
Total	44				

En el cuadro 8 y figura 4, la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias del número de raíces por estaca obtenidas en los tres tipos de sustratos, indica que existen diferencias significativas entre la media del sustrato arena de río y los otros dos sustratos, pero; no existen

diferencias significativas entre estos dos sustratos. El mayor número promedio de raíces que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato compost, que de 130 estacas enraizadas lograron emitir un promedio de 4,41 raíces por estaca; y el menor número de raíces que emitieron las estacas fue en el sustrato arena de río que tan solo emitieron de 100 estacas enraizadas un promedio de 2,16 raíces por estaca.

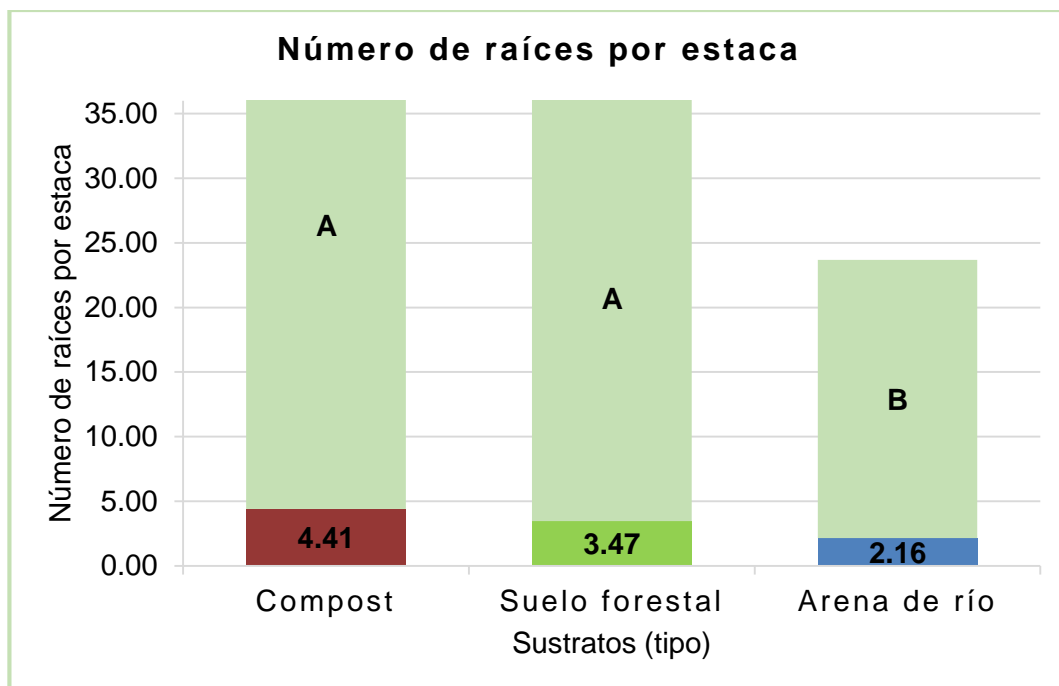
Los resultados indican que para obtener mayor número de raíces en estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* se requiere sustrato no muy fino, si no aquel que proporcione normal capacidad de retención de agua y buen drenaje, las mismas características presenta el compost que posiblemente favoreció de que emitan más raíces por estacas; en comparación a los demás sustratos usados, el suelo forestal también presenta resultados favorables, esto se deba posiblemente a que el suelo presenta restos de materia orgánica lo cual hace que el agua no se retenga mucho facilitando la emisión de raíces en las estacas. En cambio la arena de río retenía bastante humedad, posiblemente esto limitó a que no generen más raíces las estacas, tal como nos muestra el cuadro 8.

**Cuadro 8: Prueba de comparación de medias para los sustratos con respecto al número de raíces por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Número de raíces por estaca						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	4,41		NO	SI	A		
Suelo forestal	3,47	NO		SI		A	
Arena de río	2,16	SI	SI				B

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*



**Figura 4: Promedio de raíces por estaca según los tipos de sustrato**

En el cuadro 9 y figura 5, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias del número de raíces por estaca obtenidas con las cinco dosis de AIB, que existen diferencias significativas entre la media de la dosis de 0 ppm y el resto de las medias, pero; no existen diferencias significativas entre las otras cuatro medias restantes. El mayor número promedio de raíces que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue la dosis de 3000 ppm que de 74 estacas enraizadas, lograron emitir un promedio de 4,13 raíces por estaca, y el menor número promedio de raíces que emitieron las estacas fue en la dosis 0 ppm que tan solo emitieron de 40 estacas enraizadas un promedio de 1,44 raíces por estaca.

Los resultados indican que para el enraizamiento de las estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* se requieren ensayar dosis de AIB superiores a 1000 ppm. Tal es el caso de del experimento que se obtuvo mayor resultados con la dosis de 3000 ppm en comparación a los demás dosis aplicados. En la interacción del sustrato con las dosis de AIB nos indica que no existe diferencia significativa, pero numéricamente se puede ver que si hay influencia entre el sustrato compost con la dosis de 3000 ppm; Estos resultados al igual en la variable evaluada del número de estacas

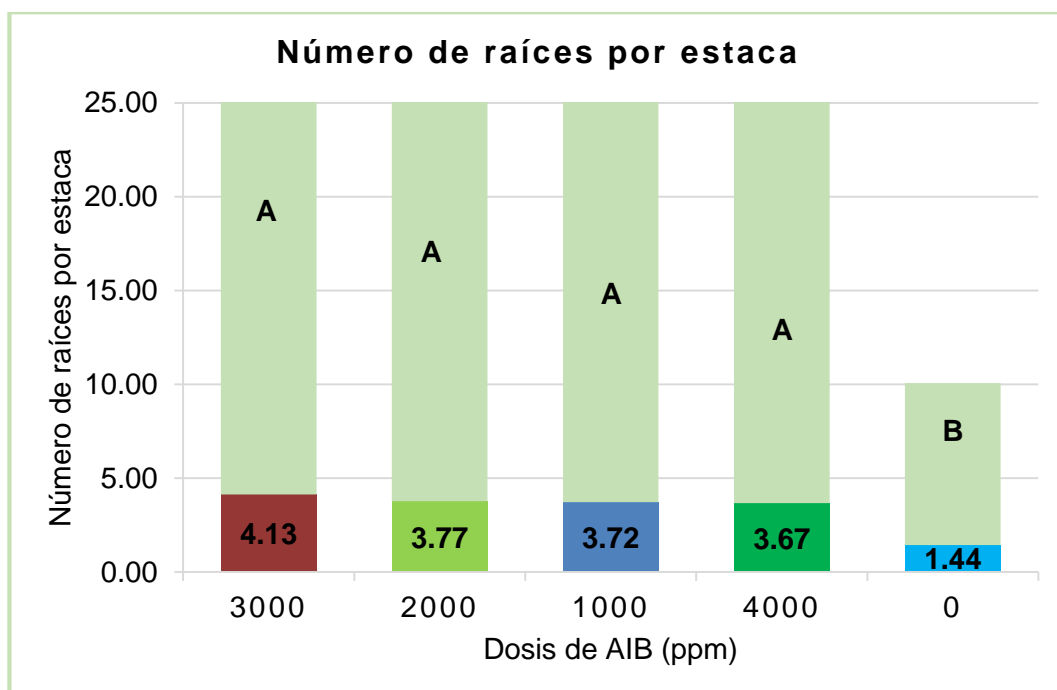
enraizadas son mayores a los encontrado por Ovando et al., (2013), quien obtuvo 1.58, 1.80 y 1.73 raíces por estaca en una combinación de arena gorda, vermiculita y estiércol vacuno, en la época de primavera-verano a dosis de 0, 2000 y 3000 ppm respectivamente, esto podría ser debido a la estación en la que se realizó la plantación, que fue en época de verano.

**Cuadro 9: Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al número de raíces por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Número de raíces por estaca										
	Medias	Comparación					Significancia				
3000	4,13		NO	NO	NO	SI	A				
2000	3,77	NO		NO	NO	SI		A			
1000	3,72	NO	NO		NO	SI			A		
4000	3,67	NO	NO	NO		SI				A	
0	1,44	SI	SI	SI	SI						B

Letras distintas indican diferencias significativas.

Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 5: Promedio de raíces por estaca según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.3. PROMEDIO DE LONGITUD DE RAÍCES POR ESTACA

En el cuadro 10, nos muestra el análisis de varianza para la longitud de raíces por estacas que existen diferencias significativas en el Factor S, mientras que en el factor D y en la interacción S x D no hay diferencia significativas.



**Cuadro 10: Análisis de varianza para el promedio de longitud de raíces por estaca.**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	565,93	282,96	25,48	3,34
Factor S	2	144,60	72,30	6,51	3,34
Factor D	4	63,43	15,86	1,43	2,71
Interacción S x D	8	46,96	5,87	0,53	2,29
error	28	310,93	11,10		
Total	44				

En el cuadro 11 y figura 6, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias de las longitudes de las raíces por estaca obtenidas con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal, pero; no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y arena de río ni entre los sustratos arena de río y suelo forestal. El mayor promedio de longitud raíces que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue en el sustrato compost que de 130 estacas enraizadas, lograron emitir una longitud promedio de 15,98 cm por cada estaca; y la menor longitud promedio de raíces que emitieron las estacas fue en el sustrato suelo forestal que tan solo emitieron de 113 estacas enraizadas logrando emitir un promedio de 11,77 cm por estaca.

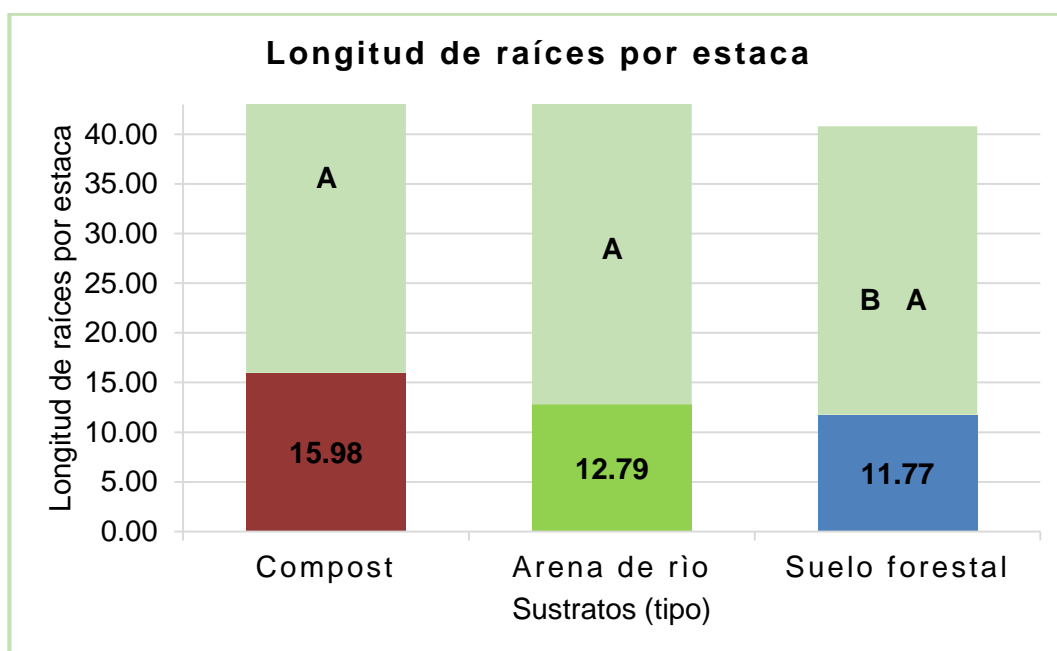
Los resultados indican que para obtener mayor longitud de raíces en estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* se requiere sustrato no muy fino, si no aquel que proporcione normal capacidad de retención de agua y buen drenaje, las mismas características presenta el compost que posiblemente favoreció de que emitan más raíces por estacas; en comparación a los demás sustratos usados la arena río también presentó resultados favorables, esto se deba posiblemente se deba a la suavidad que presenta el sustrato y facilite el desarrollo de las raíces, a diferencia del suelo forestal.

**Cuadro 11: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto a la longitud de las raíces por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Longitud de raíces por estaca						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	15,98		NO	SI	A		
Arena de río	12,79	NO		NO		A	
Suelo forestal	11,77	SI	NO				B A

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).*



**Figura 6: Longitud promedio de raíces por estaca según los tipos de sustrato**

En el cuadro 12 y figura 7, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias de las longitudes de las raíces por estaca obtenidas con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que no existen diferencias significativas entre las medias de las cinco dosis de AIB con lo que corroboramos lo obtenido en el Anova. El mayor promedio de longitud de raíces que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue la dosis de 0 ppm que de 40 estacas enraizadas, lograron emitir una longitud promedio de 15,42 cm por cada estaca; y la menor longitud promedio de raíces que emitieron las estacas fue en la dosis 2000 ppm que tan solo emitieron de 76 estacas enraizadas un promedio de 12,43 cm por estaca.

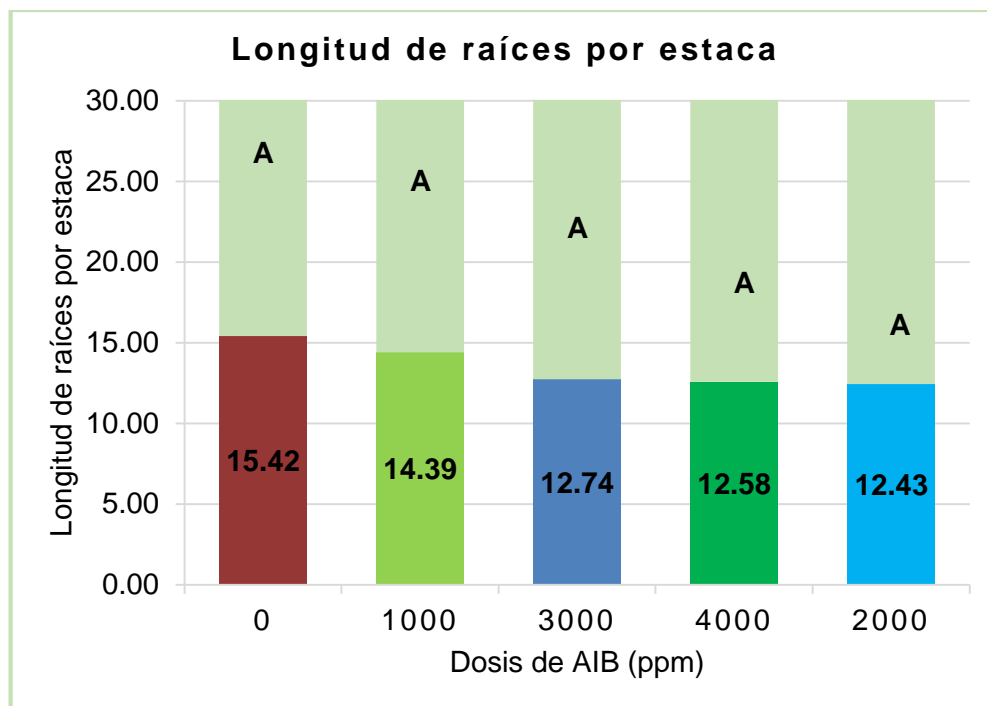
Los resultados nos dan a conocer que la plantación que presentó mayor número promedio de longitud de raíces por estaca fue en el sustrato compost, y el sustrato que presento el menor número promedio de longitud de raíces por estaca fue el suelo forestal. Estos resultados son mayores a los encontrados por Ovando et al., (2013), quien encontró promedio raíces con longitudes de 4.76, 4.88, 4.24, 4.38 y 5.93 cm por estaca en la época de primavera-verano a dosis de 0, 1000, 2000, 3000 y 4000 ppm en una mezcla de arena gorda con vermiculita y estiércol vacuno. Los resultados obtenidos podría ser la estación en la que se realizó la plantación que fue en la época de verano, también podría ser el tipo de sustrato, debido a que el compost presenta características de un sustrato suave, suelto, esponjoso facilitando el libre desarrollo de la raíz.

**Cuadro 12: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto a la longitud de las raíces por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Longitud de raíces por estaca										
	Medias	Comparación					Significancia				
0	15,42		NO	NO	NO	NO	A				
1000	14,39	NO		NO	NO	NO		A			
3000	12,74	NO	NO		NO	NO			A		
4000	12,58	NO	NO	NO		NO				A	
2000	12,43	NO	NO	NO	NO						A

*Letras distintas indicas diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*



**Figura 7: Longitud promedio de raíces por estaca según los niveles de dosis hormonal de AIB**

#### 4.4. PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

En el cuadro 13, el análisis de varianza efectuado para la variable porcentaje de enraizamiento de estacas, el factor S presenta diferencia estadísticamente significativa, la cual corrobora cuantitativamente que el sustrato compost presentó mayor enraizamiento, en cambio el factor D presenta influencia altamente significativa, es decir que los niveles de dosis de Ácido indol butírico (AIB) usados influyeron en la variable evaluada, por otro lado en la interacción entre ambos factores muestra que no hay diferencia significativa.

**Cuadro 13: Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento de estacas**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	22657,78	11328,89	54,07	3,34
Factor S	2	3017,78	1508,89	7,20	3,34
Factor D	4	11680,00	2920,00	13,94	2,71
Interacción S x D	8	2093,33	261,67	1,25	2,29
error	28	5866,67	209,52		
Total	44				

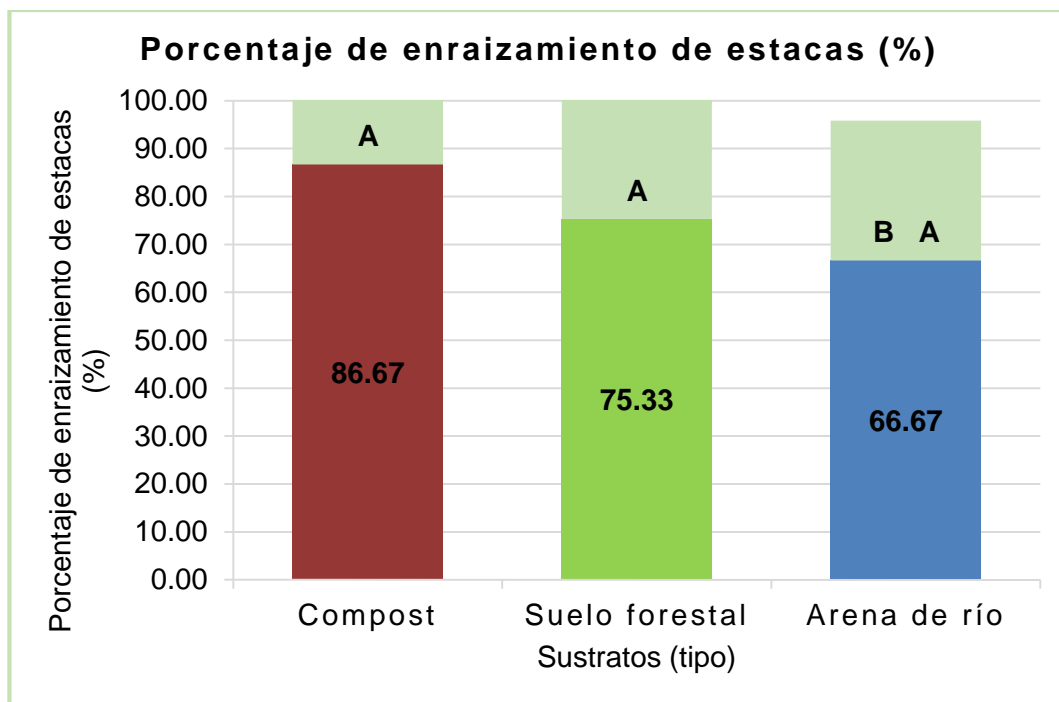
En el cuadro 14 y figura 8, se observa la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) entre las medias del porcentaje de enraizamiento de estacas obtenidos con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre las medias de los sustratos arena de río y compost, pero no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal ni entre los sustratos arena de río y suelo forestal. El sustrato que presentó mayor porcentaje de enraizamiento en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue en el sustrato compost que de 150 estacas sembradas, 130 lograron enraizar en dicho sustrato representando un 86,67 %. Y el menor porcentaje de enraizamiento fue el sustrato arena de río logrando enraizar 100 estacas representando un 66,67 %.

**Cuadro 14: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al porcentaje de enraizamiento de estacas (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Porcentaje de enraizamiento de estacas (%)						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	86,67		NO	SI	A		
Suelo forestal	75,33	NO		NO		A	
Arena de río	66,67	SI	NO				B A

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*



**Figura 8: Porcentaje de enraizamiento de estacas según los tipos de sustrato**

En el cuadro 15 y figura 9, se observa la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias del porcentaje de enraizamiento de estacas obtenidos con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de la dosis de 0 ppm y el resto de las medias, pero; no existen diferencias significativas entre las otras cuatro medias restantes. La dosis de AIB que presentó mayor porcentaje de enraizamiento en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue la dosis 4000 ppm que de 90 estacas sembradas, 80 lograron enraizar en dicha dosis representando un 88,89 %; y el menor porcentaje de enraizamiento fue la dosis 0 ppm logrando enraizar solo 40 estacas representando un 44,44 %.

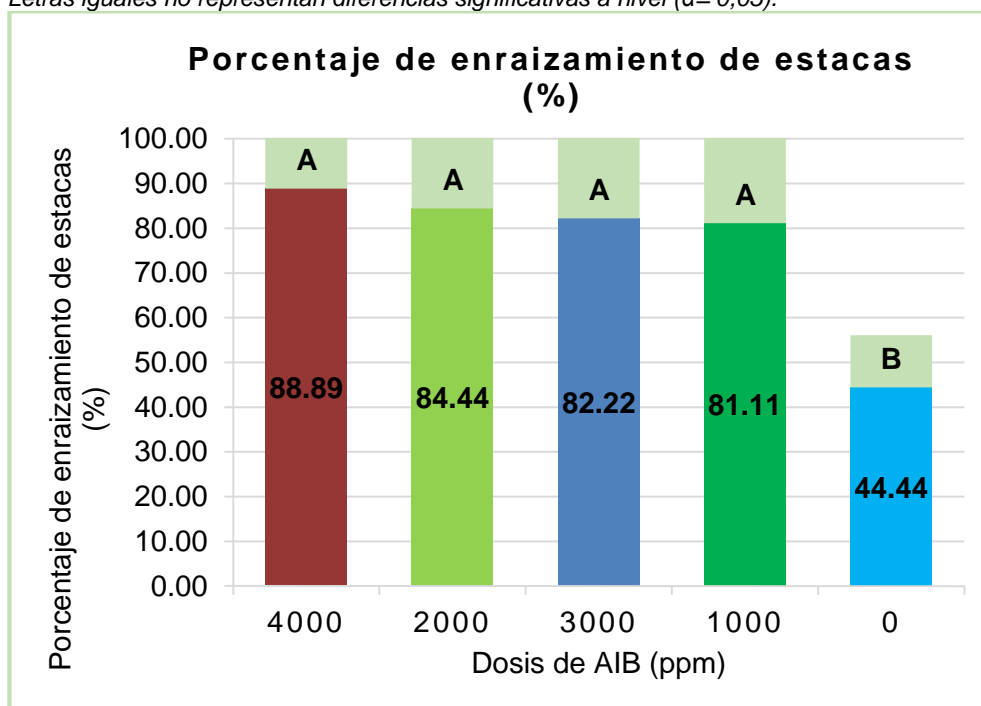
Estos resultados nos dan a conocer que la plantación presentó el mayor promedio del porcentaje de enraizamiento de estacas con el sustrato compost, y el sustrato que presentó el menor promedio del porcentaje de enraizamiento de estacas fue en arena de río, estos resultados son más parecidas a los encontrados por Ovando et al., (2013), quien encontró en promedio porcentajes de enraizamiento de las estacas de 55.0%, 90.0% y 87.0% en compost en la época de primavera-verano a dosis de 0, 2000 y 4000 ppm respectivamente.

**Cuadro 15: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al porcentaje de enraizamiento de estacas (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Porcentaje de enraizamiento de estacas (%)									
	Medias	Comparación					Significancia			
4000	88,89		NO	NO	NO	SI	A			
2000	84,44	NO		NO	NO	SI		A		
3000	82,22	NO	NO		NO	SI			A	
1000	81,11	NO	NO	NO		SI				A
0	44,44	SI	SI	SI	SI					B

Letras distintas indican diferencias significativas.

Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 9: Porcentaje de enraizamiento de estacas según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.5. NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES

En el cuadro 16, indica el análisis de varianza para el número de estacas con brotes, que el factor S si influyo estadísticamente, la cual corrobora cuantitativamente que el sustrato compost presento mayor número de estacas con brotes, de igual manera el factor D también presenta influencia significativa, es decir que los niveles de dosis de Ácido indol butírico (AIB) usados influyeron en la variable evaluada, por otro lado en la interacción entre ambos factores nos muestra que no existen diferencias significativas.

**Cuadro 16: Análisis de varianza para el número de estacas con brotes**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5%)
Bloques	2	162,98	81,49	33,55	3,34
Factor S	2	42,84	21,42	8,82	3,34
Factor D	4	30,98	7,74	3,19	2,71
Interacción S x D	8	21,16	2,64	1,09	2,29
error	28	68,00	2,43		
Total	44				

En el cuadro 17 y figura 10, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del número de estacas con brotes obtenidas con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre las medias de los sustratos Arena de río y los otros dos sustratos; pero que no existen diferencias significativas entre los sustratos compost y suelo forestal. El número de estacas que presentó mayor número de brotes en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue el sustrato compost que de 150 estacas sembradas, 80 lograron emitir brotes con una media de 16,00, y el menor número de estacas que emitieron sus brotes fue en el sustrato arena de río logrando brotar 48 estacas con una media de 9,00.

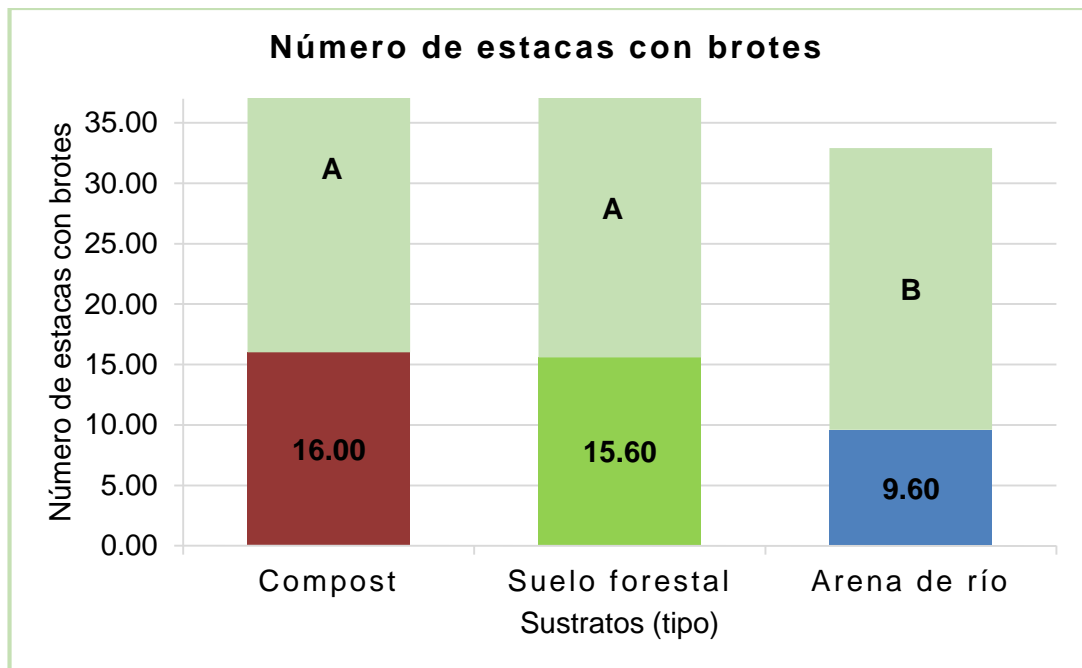
**Cuadro 17: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de estacas con brotes (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SISTRATOS (Tipo)	Número de estacas con brotes						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	16,00		NO	SI	A		
Suelo forestal	15,60	NO		SI		A	
Arena de río	9,60	SI	SI				B

Letras distintas indican diferencias significativas.

Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ )





**Figura 10: Número de estacas con brotes según los tipos de sustratos**

En el cuadro 18 y la figura 11, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del número de estacas con brotes obtenidas con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de la dosis de 0 ppm y el resto de las medias, pero; no existen diferencias significativas entre las otras cuatro medias restantes. El número de estacas que presentó mayor número de brotes en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue la dosis hormonal 0 ppm que de 90 estacas sembradas 56 lograron brotar con una media de 18, 67; y el menor número de estacas que emitieron sus brotes fue la dosis 2000 ppm logrando brotar 36 estacas con una media 12,00

Estos resultados nos dan a conocer la plantación que presentó el mayor número de estacas con brotes fue en el sustrato compost, y la de menor número de estacas con brotes encontrado con el sustrato arena de río. Para el caso de las dosis de AIB, la que produjo el mayor número de estacas con brotes, fue la encontrada por la dosis de 0 ppm, en relación a las otras cinco dosis utilizadas en él experimento, siendo la de menor número de estacas con brotes la encontrada por la dosis de 2000 ppm.

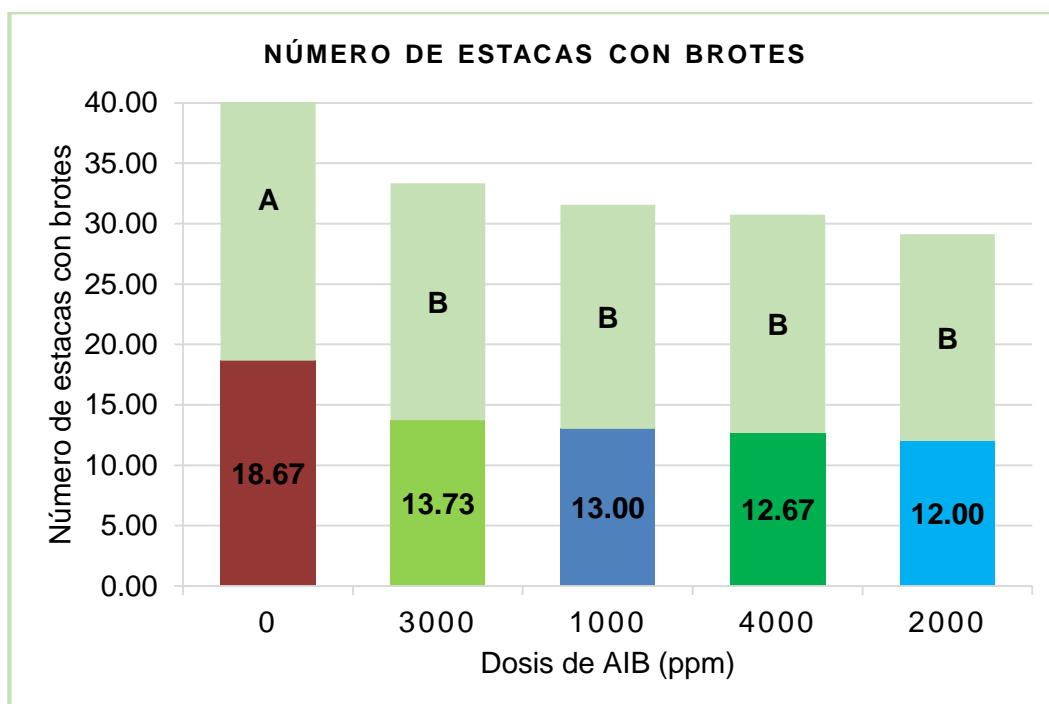
Este quiere decir para la emisión de brotes en los sustratos usados no influyeron las dosis hormonales de AIB, como la misma descripción que le hace al producto diciendo que solo es un producto enraizante solo influye en la emisión de raíces. Por lo tanto para la emisión de brotes se requiere de sustratos especiales como el compost.

**Cuadro 18: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de estacas con brotes (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Número de estacas con brotes										
	Medias	Comparación					Significancia				
0	18,67		SI	SI	SI	SI	A				
3000	13,73	SI		NO	NO	NO		B			
1000	13,00	SI	NO		NO	NO			B		
4000	12,67	SI	NO	NO		NO				B	
2000	12,00	SI	NO	NO	NO						B

Letras distintas indican diferencias significativas.

Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 11: Número de estacas con brotes según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.6. NÚMERO PROMEDIO DE BROTES FOLIARES POR ESTACAS

En el cuadro 19. Indica el análisis de varianza para el número de brotes por estaca, que existen diferencias significativas, en el factor S, pero no existen diferencias significativas en el factor D ni con su interacción S x D.

**Cuadro 19: Análisis de varianza para el promedio del número de brotes por estaca**

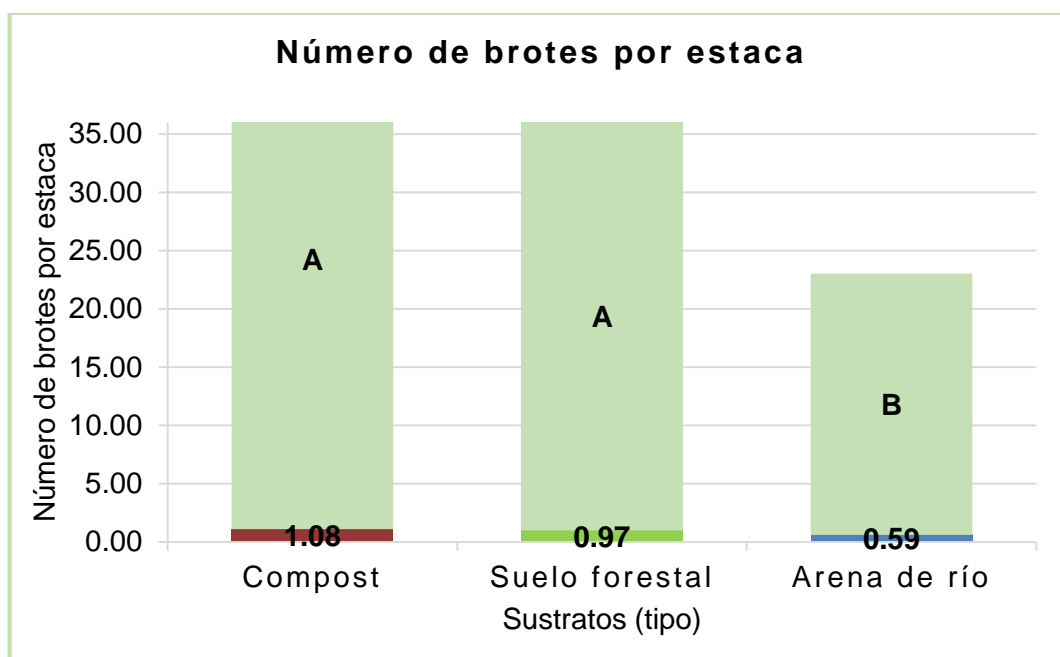
Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	7,29	3,64	28,23	3,34
Factor S	2	1,96	0,98	7,61	3,34
Factor D	4	1,05	0,26	2,04	2,71
Interacción S x D	8	0,65	0,08	0,63	2,29
error	28	3,61	0,13		
Total	44				

En el cuadro 20 y la figura 12, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del número de brotes por estaca obtenidos con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de los sustratos Arena de río y los otros dos sustratos; pero no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal. El promedio mayor de brotes que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato compost que de las 80 estacas brotadas, lograron emitir un promedio de 1,08 brotes por estaca; y el promedio menor de brotes que emitieron las estacas fue en el sustrato arena de río que tan solo emitieron de 48 estacas brotadas un promedio de 0,59 brotes por estacas.

**Cuadro 20: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de brotes por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SISTRATOS (Tipo)	Número de brotes por estaca						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	1,08		NO	SI	A		
Suelo forestal	0,97	NO		SI		A	
Arena de río	0,59	SI	SI				B

Letras distintas indican diferencias significativas.  
Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 12: Promedio del número de brotes por estaca según los tipos de sustrato**

En el cuadro 21 y la figura 13, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del número de brotes por estaca obtenidos con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que no existen diferencias significativas entre las medias de las cinco dosis de AIB. El promedio mayor de brotes que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue la dosis 0 ppm que de 56 estacas brotadas, lograron emitir un promedio de 1,14 brotes por estaca; y el promedio menor de brotes que emitieron las estacas fue en la dosis 2000 ppm que emitieron de 36 estacas brotadas un promedio de 0,68 brotes por estaca.

Estos resultados nos dan a conocer que la plantación presentó el mayor número promedio de brotes por estaca con el sustrato compost, y menor número promedio en sustrato arena de río. Para el caso de la concentración de AIB, que produjo mayor número promedio de brotes por estaca fue 0 ppm, en relación a las otras dosis aplicadas.

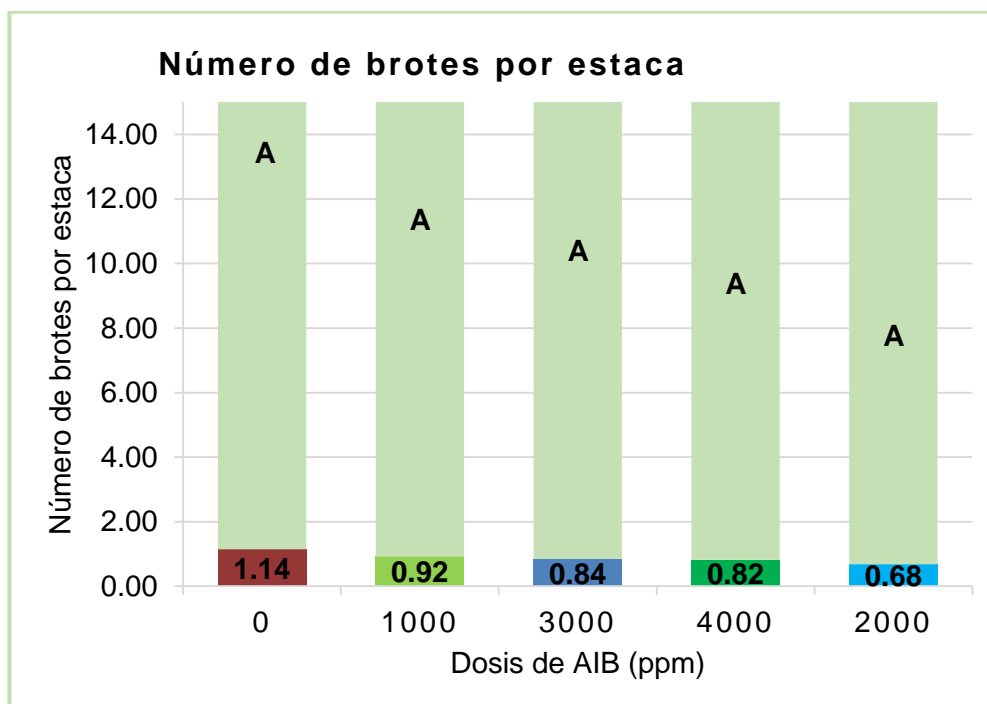
Esto quiere decir en la producción de brotes no influyeron las dosis de AIB aplicados en cada uno de los sustratos.

**Cuadro 21: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de brotes por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Número de brotes por estaca										
	Medias	Comparación					Significancia				
0	1,14		NO	NO	NO	NO	A				
1000	0,92	NO		NO	NO	NO		A			
3000	0,84	NO	NO		NO	NO			A		
4000	0,82	NO	NO	NO		NO				A	
2000	0,68	NO	NO	NO	NO						A

Letras distintas indican diferencias significativas.

Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).



**Figura 13: Promedio del número de brotes por estaca según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.7. PROMEDIO DE LONGITUD DE BROTES POR ESTACA

En el cuadro 22. Indica el análisis de varianza para la longitud de brotes por estaca, que existe diferencia altamente significativa, en el factor S, pero no existen diferencias significativas en el factor D ni con su interacción S x D.

**Cuadro 22: Análisis de varianza para el promedio de longitud de brotes por estaca**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5%)
Bloques	2	869,03	434,52	40,11	3,34
Factor S	2	347,76	173,88	16,05	3,34
Factor D	4	77,37	19,34	1,79	2,71
Interacción S x D	8	140,59	17,57	1,62	2,29
error	28	303,32	10,83		
Total	44				

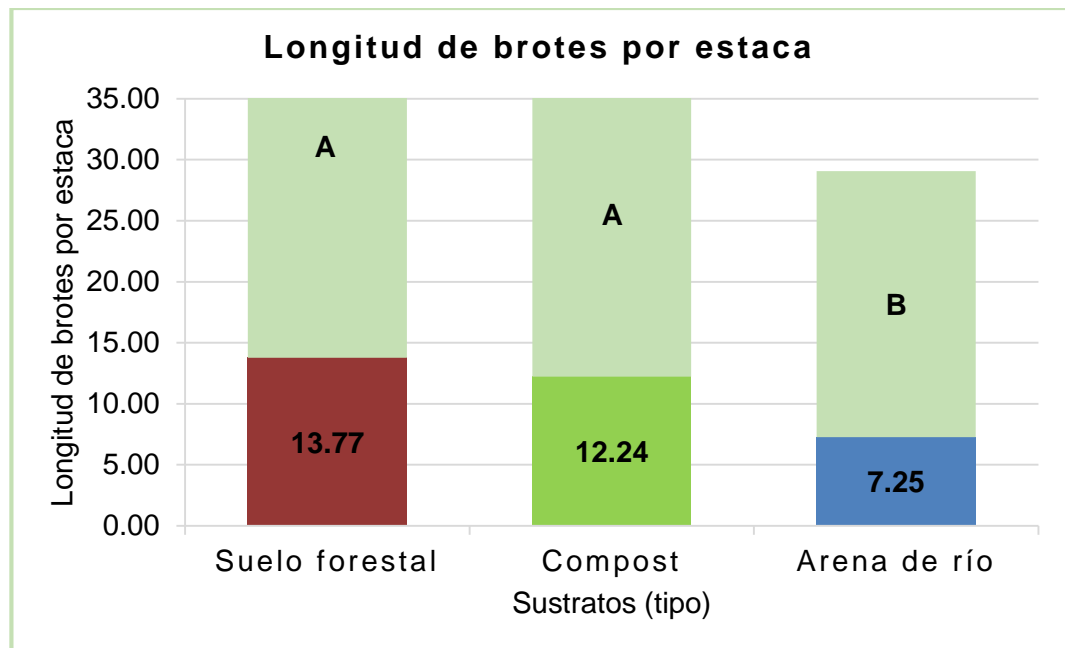
En el cuadro 23 y la figura 14, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias de las longitudes de los brotes por estaca obtenidos con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de los sustratos arena de río y los otros dos sustratos; pero no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal. El promedio mayor de longitud brotes que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato Suelo forestal que de las 78 estacas brotadas, lograron emitir una longitud promedio de 13,77 cm por cada estaca; y el promedio menor de longitud de brotes que emitieron las estacas fue el sustrato Arena de río que tan solo emitieron de 48 estacas brotadas un promedio de 7,25 cm por estaca.

**Cuadro 23: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto a la longitud de los brotes por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Longitud de brotes por estaca						
	Medias	Comparación			Significancia		
Suelo forestal	13,77		NO	SI	A		
Compost	12,24	NO		SI		A	
Arena de río	7,25	SI	SI				B

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).*



**Figura 14: Promedio de longitud de brotes por estaca según los tipos de sustrato**

En el cuadro 24 y la figura 15, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias de las longitudes de los brotes por estaca obtenidos con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que no existen diferencias significativas entre las medias de las cinco dosis de AIB. El promedio mayor de longitud de brotes que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue la dosis de 1000 ppm que de 38 estacas brotadas, lograron emitir una longitud promedio de 12,73 cm por estaca; y el promedio menor longitud de brotes que emitieron las estacas fue en la dosis 4000 ppm que tan solo emitieron de 37 estacas brotadas un promedio de 9,80 cm por estaca.

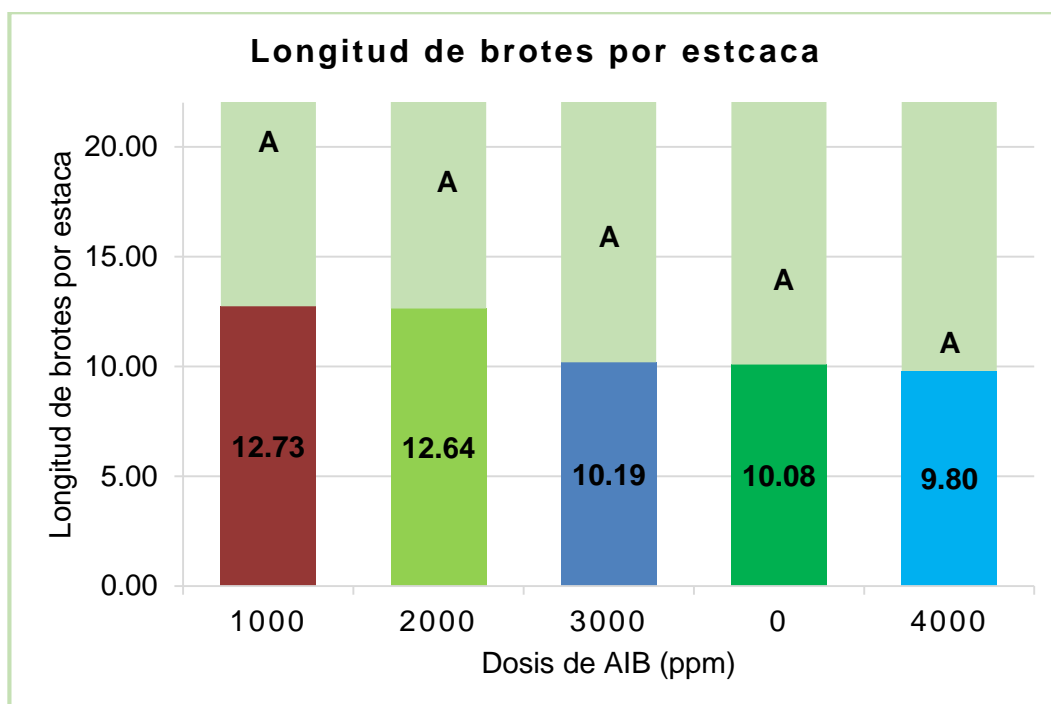
Los resultados nos dan a conocer que la plantación presentó el mayor número promedio de las longitudes de los brotes por estaca fue en el sustrato suelo forestal, y de menor número promedio el sustrato arena de río. Para el caso de las dosis de AIB, la que produjo el mayor número promedio de las longitudes de los brotes por estaca, fue la dosis de 1000 ppm, en relación a las demás dosis usadas en el experimento. De igual manera se corrobora en el Anova que no presentan diferencias significativas.

**Cuadro 24: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto a la longitud de los brotes por estaca (Tukey  $\alpha=0.05$ ).**

DOSIS (ppm)	Longitud de brotes por estaca										
	Medias	Comparación					Significancia				
1000	12,73		NO	NO	NO	NO	A				
2000	12,64	NO		NO	NO	NO		A			
3000	10,19	NO	NO		NO	NO			A		
0	10,08	NO	NO	NO		NO				A	
4000	9,80	NO	NO	NO	NO						A

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*



**Figura 15: Promedio de longitud de brotes por estaca según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.8. NÚMERO PROMEDIO DE HOJAS POR ESTACAS

En el cuadro 25. Indica el análisis de varianza para el número de hojas por estaca, que existen diferencias altamente significativas en el factor S, pero no existen diferencias significativas en el factor D ni con su Interacción S x D.



**Cuadro 25: Análisis de varianza para el número de hojas por estaca**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	417,83	208,91	31,71	3,34
Factor S	2	174,56	87,28	13,25	3,34
Factor D	4	21,22	5,30	0,81	2,71
Interacción S x D	8	37,58	4,70	0,71	2,29
error	28	184,47	6,59		
Total	44				

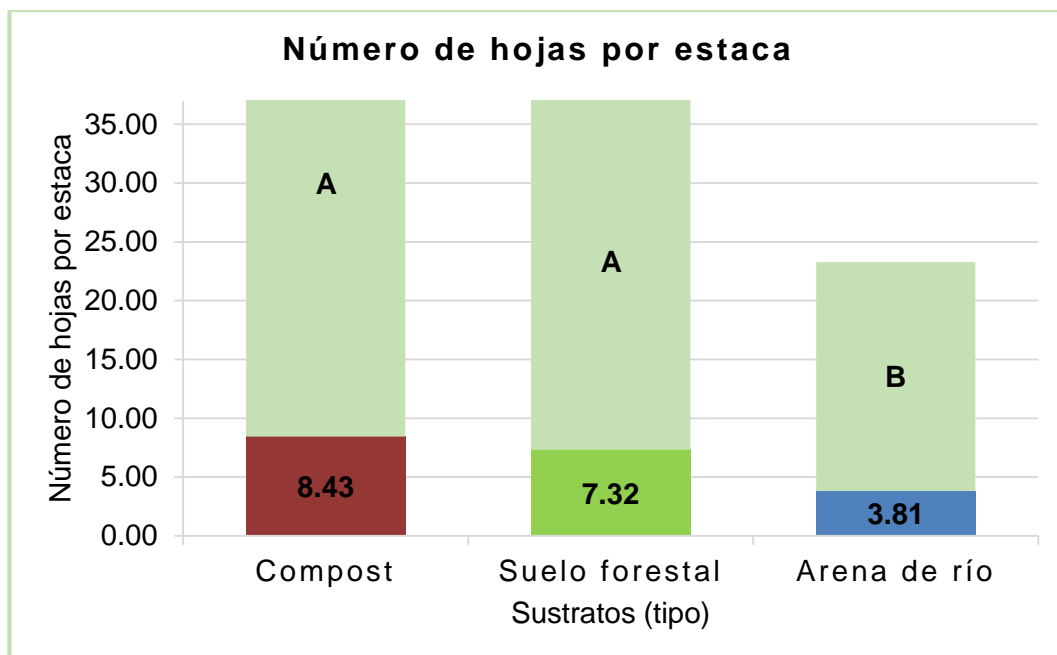
En el cuadro 26 y figura 16, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del número de hojas por estaca obtenidas con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de los sustratos Arena de río y los otros dos sustratos; pero no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal. El promedio mayor de hojas que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato compost que de las 80 estacas brotadas, lograron emitir un promedio de 8,43 hojas por estaca; y el promedio menor de hojas que emitieron las estacas fue en el sustrato arena de río que tan solo emitieron de 48 estacas brotadas un promedio de 3,81 hojas por estaca.

**Cuadro 26: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al número de hojas por estaca (Tukey  $\alpha=0.05$ ).**

SUSTRATOS (Tipo)	Número de hojas por estaca						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	8,43		NO	SI	A		
Suelo forestal	7,32	NO		SI		A	
Arena de río	3,81	SI	SI				B

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).*



**Figura 16: Promedio del número de hojas por estaca según los tipos de sustrato**

En el cuadro 27 y figura 17, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) entre las medias del número de hojas por estaca obtenidas con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que no existen diferencias significativas entre las medias de las cinco dosis de AIB con lo que corroboramos lo obtenido en el Anova,. El promedio mayor de hojas que emitieron las estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Fue la dosis 1000 ppm que de 38 estacas brotadas, lograron emitir un promedio de 7,68 hojas por estaca; y el promedio menor de hojas que emitieron las estacas fue en la dosis 2000 ppm que emitieron de 36 estacas brotadas un promedio de 5,83 hojas por estaca.

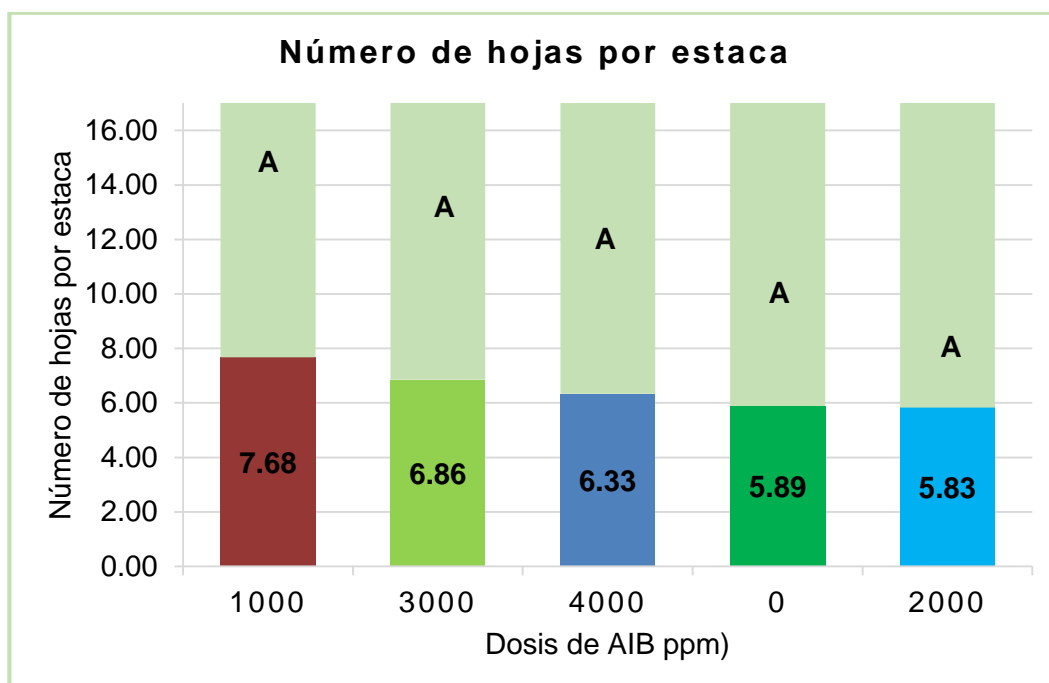
Estos resultados nos dan a conocer que la plantación presentó el mayor número promedio de hojas por estaca con el sustrato compost, siendo la de menor número promedio de hojas por estaca la encontrada con el sustrato arena de río, para el caso de las dosis de AIB, la que produjo el mayor número promedio de hojas por estaca, fue la encontrada por la dosis de 1000 ppm, en relación a las otras cinco dosis utilizadas en el experimento, siendo la produjo el menor número promedio de hojas por estaca la encontrada por la dosis de 2000 ppm. De igual manera se

corroborar en el Anova que no presentan diferencias significativas en el siguiente cuadro.

**Cuadro 27: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al número de hojas por estaca (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

DOSIS (ppm)	Número de hojas por estaca										
	Medias	Comparación					Significancia				
1000	7,68		NO	NO	NO	NO	A				
3000	6,86	NO		NO	NO	NO		A			
4000	6,33	NO	NO		NO	NO			A		
0	5,89	NO	NO	NO		NO				A	
2000	5,83	NO	NO	NO	NO						A

Letras distintas indican diferencias significativas.  
 Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 17: Promedio del número de hojas por estaca según los niveles de dosis de AIB**

#### 4.9. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LA PLANTACIÓN HASTA EL FINAL DE EVALUACIÓN.

En el cuadro 28. Indica el análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento de la plantación, que existen diferencias significativas, en el factor S, y el factor D, pero no existen diferencias significativas con la interacción S x D.

**Cuadro 28: Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento de la plantación**

Fuente de varianza	GL	SC	CM	FC	FT (5 %)
Bloques	2	16297,78	8148,89	33,55	3,34
Factor S	2	4284,44	2142,22	8,82	3,34
Factor D	4	3097,78	774,44	3,19	2,71
Interacción S x D	8	2115,56	264,44	1,09	2,29
error	28	6800,00	242,86		
Total	44				

En el cuadro 29 y figura 18, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), entre las medias del porcentaje de prendimiento de la plantación obtenidos con los tres tipos de sustratos, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de los sustratos arena de río y los otros dos sustratos; pero no existen diferencias significativas entre la media de los sustratos compost y suelo forestal. El sustrato que presentó mayor porcentaje de prendimiento de la plantación en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición fue en el sustrato compost que de las 150 estacas sembradas, 80 lograron brotar en dicho sustrato representando un 53,33 %, el menor porcentaje de prendimiento fue el sustrato arena de río solo 48 estacas brotaron representando un 32,00 %.

**Cuadro 29: Prueba de comparación de medias de los sustratos con respecto al porcentaje de prendimiento de la plantación (Tukey  $\alpha=0,05$ ).**

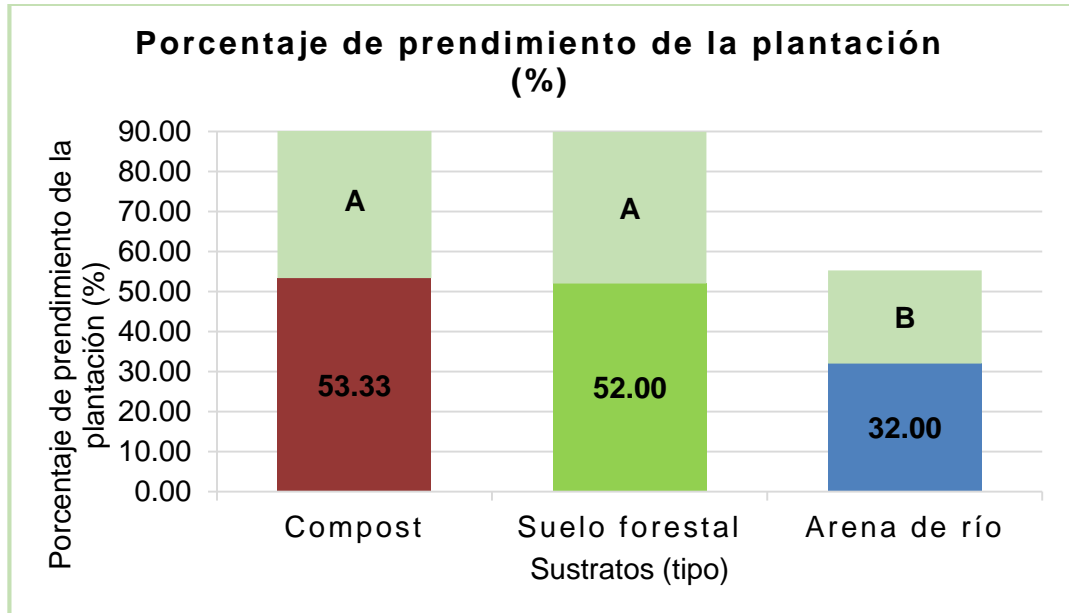
SUSTRATOS (Tipo)	Porcentaje de prendimiento de la plantación (%)						
	Medias	Comparación			Significancia		
Compost	53,33		NO	SI	A		
Suelo forestal	52,00	NO		SI		A	
Arena de río	32,00	SI	SI				B

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ ).*

Los resultados obtenidos son menores al variable porcentaje de enraizamiento quien se encontró 86,67 %; 75,33 % y 66,67 % para compost, suelo forestal y arena de río. Probablemente se deban a que las estacas

emiten sus raíces pero no tienen la capacidad suficiente para emitir brotes, los sustratos compost y suelo forestal son altamente significante a comparación de arena de río.



**Figura 18: Porcentaje de prendimiento de la plantación según los tipos de sustrato.**

En el cuadro 30 y figura 19, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), entre las medias del porcentaje de prendimiento de la plantación obtenidos con las cinco dosis de AIB, dando como resultado que existen diferencias significativas entre la media de la dosis de 0 ppm y el resto de las medias, pero; no existen diferencias significativas entre las otras cuatro medias restantes. La dosis que presentó mayor porcentaje de prendimiento de la plantación en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición, fue la dosis 0 ppm que de las 90 estacas sembradas, 56 lograron brotar en dicho dosis representando un 62,22 %, y el menor porcentaje de prendimiento fue la dosis 2000 ppm logrando brotar 36 estacas representando un 40,00 %.

Estos resultados son mayores a los encontrados por Ovando et al., (2013), quien encontró el porcentaje de prendimiento de su plantación en su dosis de 0 ppm 52.5% y a diferencia de los demás resultados encontrados en las dosis son menores a los del mencionado autor quien encontró para 1000

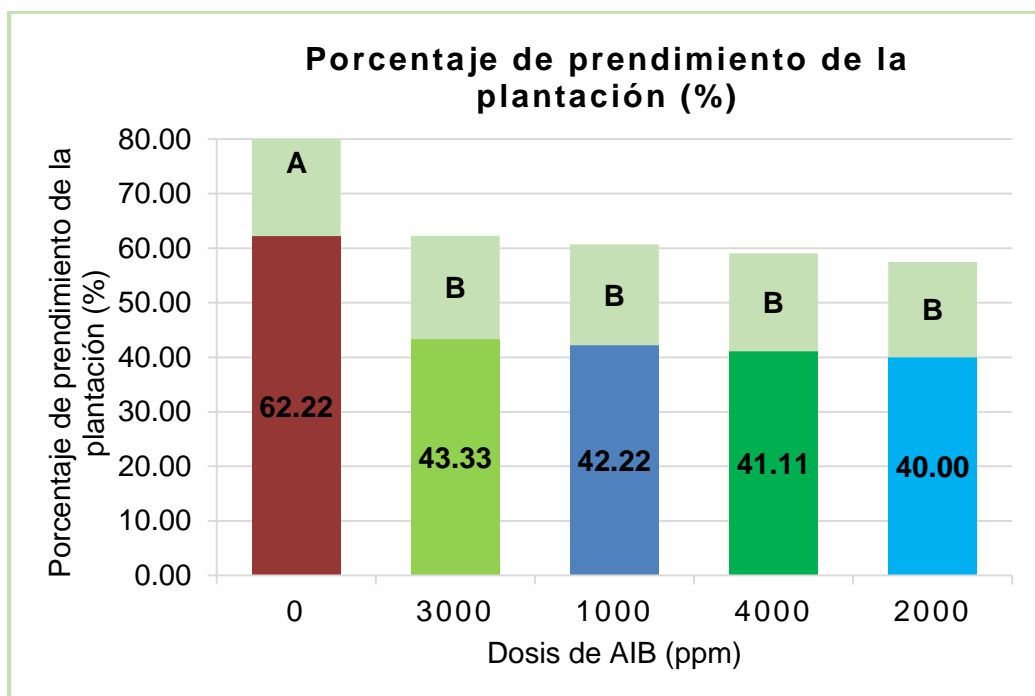
ppm 50,0 %; 2000 ppm 52,5 %; 3000 ppm 60,0 % 4000 ppm 52,5 % en una mezcla de arena gorda con vermiculita y estiércol vacuno, en época de otoño-invierno.

**Cuadro 30: Prueba de comparación de medias de las dosis con respecto al porcentaje de prendimiento de la plantación (Tukey  $\alpha=0.05$ ).**

DOSIS (ppm)	Porcentaje de prendimiento de la plantación (%)										
	Medias	Comparación					Significancia				
0	62,22		SI	SI	SI	SI	A				
3000	43,33	SI		NO	NO	NO		B			
1000	42,22	SI	NO		NO	NO			B		
4000	41,11	SI	NO	NO		NO				B	
2000	40,00	SI	NO	NO	NO						B

*Letras distintas indican diferencias significativas.*

*Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha=0,05$ ).*



**Figura 19: Porcentaje de prendimiento de la plantación según los niveles de dosis de AIB.**

## V. CONCLUSIONES

1. En el presente estudio realizado de acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos, se concluye que sí se puede obtener plantones de *Handroanthus billbergii* a partir de estacas de raíz.
2. Se determinó que el mejor sustrato para la obtención de plantones a partir de estacas de raíz de *Handroanthus billbergii*, fue el sustrato compost, seguido del de suelo forestal, mientras que los resultados menos favorables fueron obtenidos con el sustrato arena de río.
3. Se determinó que la mejor dosis de AIB en el enraizamiento de estacas se obtuvo valores favorables con la aplicación de 3000 y 4000 ppm. Mientras en el prendimiento de la plantación se obtuvo valores favorables en las dosis mínimas de 0 y 1000 ppm, se dice que como la hormona solo es un producto enraizante ya no influyó en la emisión y desarrollo de brotes y hojas.
4. Se determinó el efecto de la interacción entre factores y niveles (SD), de acuerdo al análisis de varianza, que no existe interacción de los tipos de sustratos y dosis hormonales de AIB, debido que no influyeron significativamente en la obtención de plantones de estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* al 95 % de nivel de confianza.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos en la presente tesis. Se recomienda el uso del sustrato compost, para obtener los mejores resultados en la obtención de plantones a partir de estacas de raíz de *Handroanthus billbergii* o usar el sustrato suelo forestal, no es recomendable usar el sustrato arena de río, por los resultados desfavorables obtenidos en la presente investigación.
2. Se recomienda aplicar dosis de AIB de 3000 ppm y 4000 ppm para la obtención de plantones a partir de estacas de raíz de *Handroanthus billbergii*, se debe seguir experimentando dosis mayores con respecto a las aplicadas.
3. se recomienda realizar experimentos probando diferentes diámetros de estacas de raíz, para ver cuál de los espesores son favorables para una propagación de la especie.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

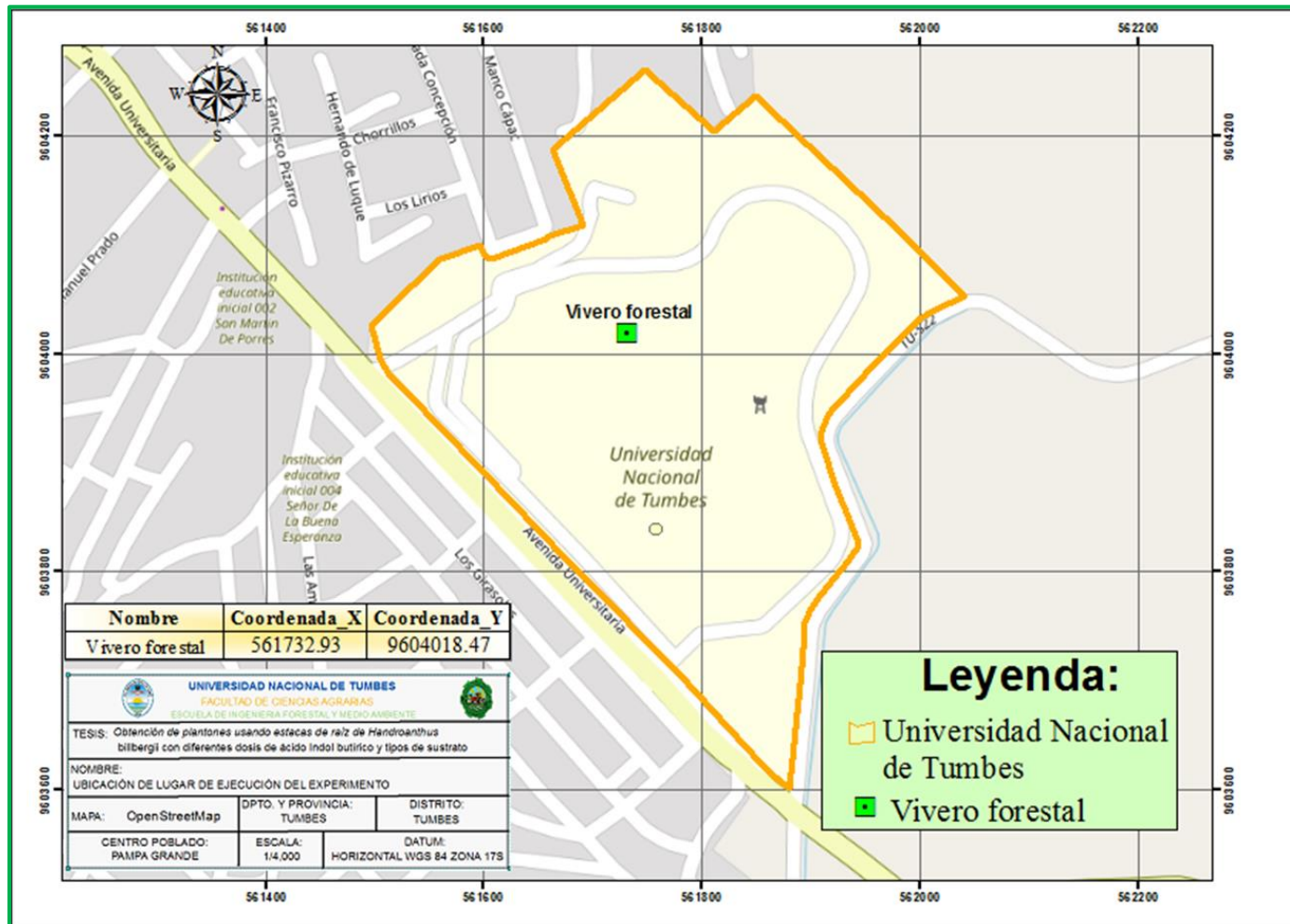
- Arce Grández, C. M. (2014). *“Efecto comparativo de ácido indol butírico (AIB) y tipos de sustratos en el enraizamiento de ficus (Ficus benjamina L.) a través de acodo aéreo, en el distrito de Morales-San Martín”*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Camacho Macedo, M. S. (2017). *“Compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del camal municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos”*. Huaraz: Universidad Nacional “Santiago Antunez de Mayolo”.
- CITES. (2019). *Examen de las propuestas de enmienda a los apéndices I Y II. Decimoctava reunión de la Conferencia de las Partes* (pág. 32). Sri Lanka: Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.
- Cornejo Badillo, V. R. (2018). *Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina .
- FMB, H. V. (2013). Muestra botánica *Handroanthus billbergii*.
- Gárate Díaz, M. H. (2010). *Técnicas de propagación por estacas*. Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali.
- Gárate Díaz, M. H. (2010). *Técnicas de Propagación por Estacas*. Ucayali-Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- García Seminario, R., Solís castro, R. L., & Llacsá Sánchez, L. X. (2016). *Rol de los Microorganismos Activos, Aislados de la Rizósfera y Filósfera en la Propagación de las Especies Forestales Tabebuia Chrysantha y Tabebuia billbergii, con Fines de Conservación y Explotación Comercial. Tumbes-Perú- 2014-2015*: Universidad Nacional de Tumbes.
- Greta Esmeralda, R. C. (2014). *“Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de Croton lechler Muell. Arg.”*. Lima: Universidad Nacional Agraria.

- Guerron Mallamas, A., & Espinosa Chuquin, E. (2014). *Evaluación de diferentes tipos de estacas al enraizamiento con la utilización de dos tipos auxinas (ana e iba) con tres dosis para la producción de plantas de mora de castilla (Robus glaucus Benth), Tumbaco-Quito*. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.
- Gutiérrez C, B., & Ortiz N, O. (2005). *Propagación vegetativa y silvicultura clonal: antecedentes generales. Clonación de raulí: estado actual y perspectivas*, 1.
- Hartmann, H. H., & Kester, D. E. (1992). *Propagacion de plantas: Principios y Practicas*. Distrito federal de Mexico: Compania Editorial Continental.760 p.
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (1998). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. Mexico: DF. MX. Continental, 757.
- Hernández Díaz-Ambrona, C. G. (2015). *Definición y alcance de la reproducción de*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Huanca Apaza, W. (2010). *Métodos de reproducción asexual y su aplicación*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Huisa Manol , H. (2015). *Ensayo de propagación vegetativa de Bertholletía excelsa H.B.K. "Castaña" mediante enraizamiento de estaquillas en cámaras de subirrigación en la Provincia de Tambopata, Madre de Dios- Perú*. . Madre de Dios: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios .
- Infojardín. (2002-2020). Definicion de suelo.  
(<http://www.infojardin.net/glosario/suelo/suelos-forestales.htm>).
- Llanto Casio, H. L. (2018). *Efecto de la Multiplicación por Estacas de Raíz y Brotes Etiolados de Frambueso (Rubus idaeus L.) Variedad Heritage en Dos Mezclas de Sustratos en el Distrito de Quillo - Provincia de Yungay – Región Ancash, 2017*. Yungay: Universidad Nacional Santiago Atunéz de Mayolo.
- Mesen, F. (1998). *Enraizamiento de estaquillas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Morales Ruiz, E. J. (2016). *Propagación vegetativa de copaiba (Copaifera paupera (Herzog) Dwyne) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de subirrigación, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

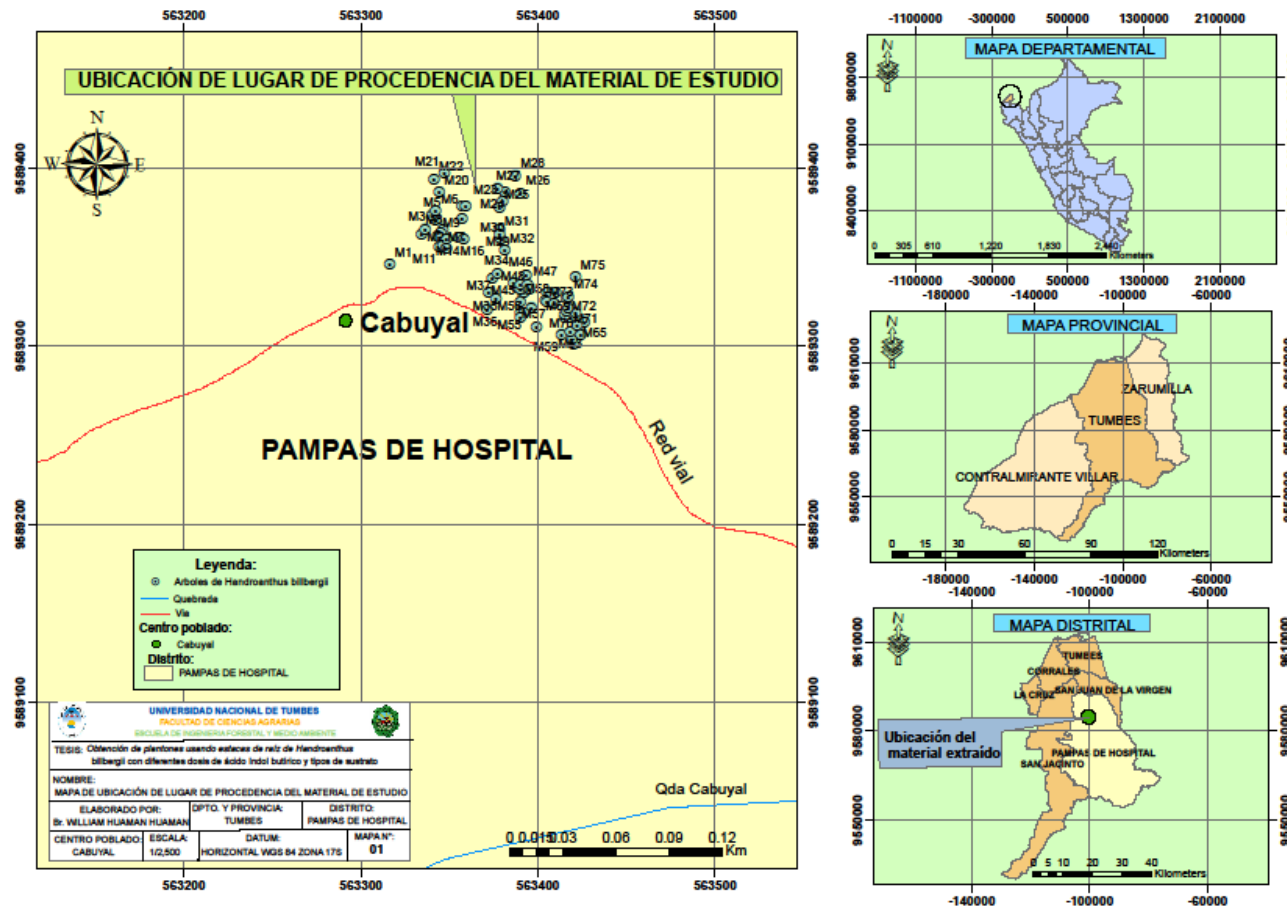
- Ovando, G. L., Enciso, M., Ovelar, G., & Villalba, N. (2013). propagación vegetativa de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (lapacho negro), mediante el uso de esquejes de raíz. *Investigacion Agraria*, 73-79.
- Riffo, G., Muñoz, F., Uribe, M., Cancino, J., Acuña, E., & Rubilar, R. (2015). *Macropropagación de Paulownia elongata x fortunei a partir de esquejes. SciELO*, 70-75.
- Rojas González, S., García Lozano, J., & Alarcón Rojas, M. (2004). *Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas*. Bogota-Colombia: Ed. Produmedios. CO. 56 p.
- Romero Cespedes, J. L., & Alvarez La Torre, M. A. (2016). *Inventario de los Usos Tradicionales de la Biodiversidad como Servicio Ambiental de las Comunidades Aledañas al Parque Nacional Cerros de Amotape–Region Tumbes 2014*. Universidad Nacional de Tumbes.
- Rosero Cruz, N., Morante Carriel, J., & Acos, M. (2008). Propagación Vegetativa de Fernansánchez (*Triplaris guayaquilensis*) Mediante la Utilización de Hormonas de Enraizamiento (ANA Y AIB). *Ciencia y Tecnología*, 7-10.
- Silva Sayago, J. C. (2009). *Determinación de las Características Anatómicas y Propiedades Físicas de la Madera de la Especie Forestal Madero Negro o Guayacán (Tabebuia billbergii) de la Región Tumbes*. Universidad Nacional de Tumbes.
- Soudre, M., Mesen , F., Del Castillo , D., & Guerra , H. (2008). *Bases Técnicas Para la Propagación Vegetativa de Arboles Tropicales Mediante Enraizamiento de Estaquillas, Memoria del Curso Internacional*. Pucallpa del 06 - 09 de mayo del .
- Tang Rengifo, H. L. (2014). *Efecto de dos tipos de sustrato y cuatro dosis de acido indolbutirico en el enraizamiento de estacas juveniles de Tabebuia serratifolia(Vahl) en propagadores de sub irrigacion, en Pucallpa- Ucayali, Peru*. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.
- Vanegas Chacon, E. A., & Mendez Paiz, B. (2006). Suelos forestales. *Tikalía* , 93-98.

## VIII. ANEXOS

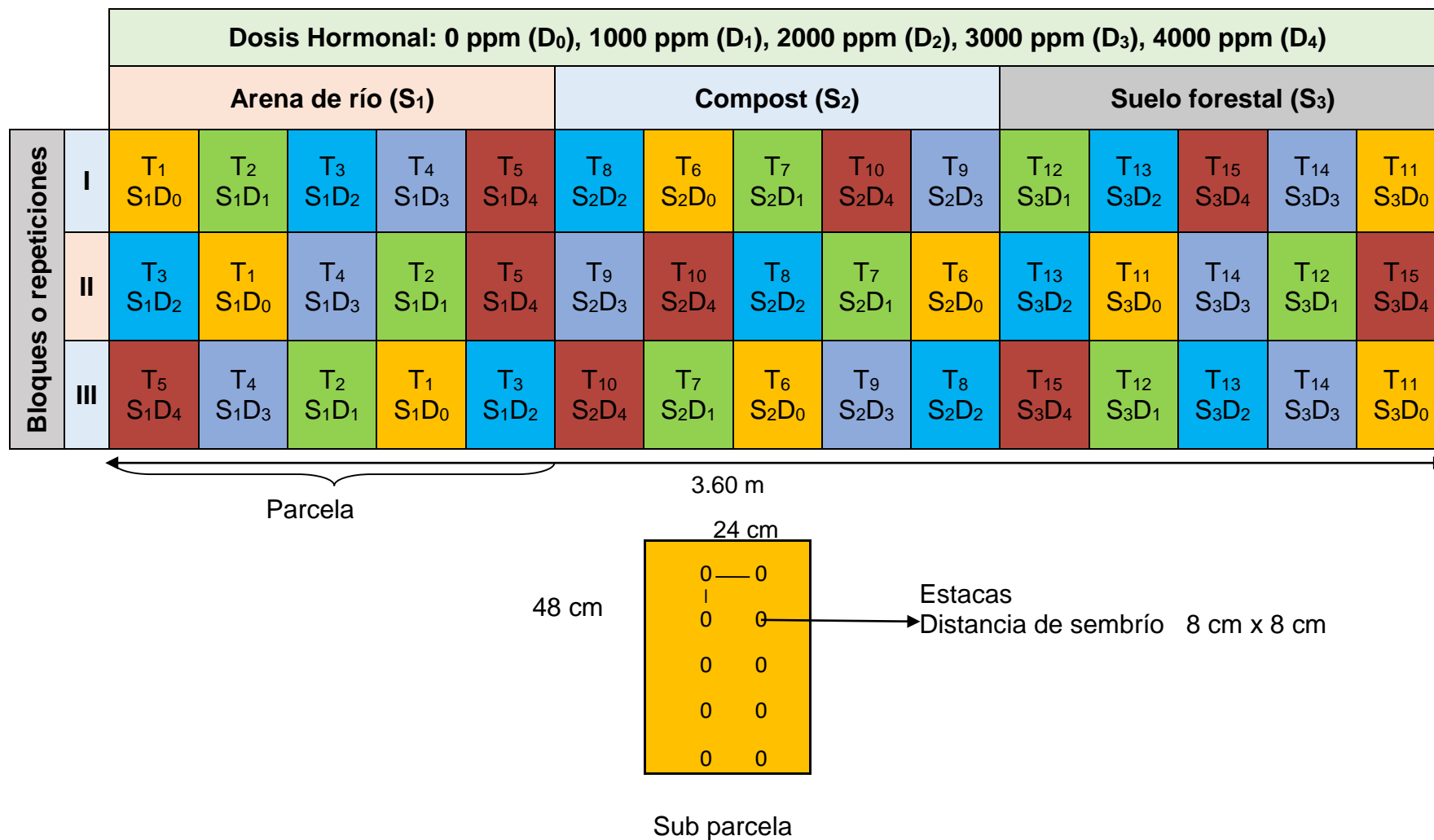
Anexo 1: Mapa de ubicación del lugar donde se realizó la ejecución del experimento



## Anexo 2: Mapa de ubicación de lugar de procedencia del material de estudio



**Anexo 3: Croquis del diseño de distribución de los tratamientos para el experimento**



#### Anexo 4: Matriz de consistencia del proyecto de investigación

Problema	Objetivos	Justificación	Variable	Hipótesis	Metodología
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Es posible la obtención de plántones usando estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i> con diferentes dosis de ácido indol butírico y tipos de sustrato?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>1. ¿Es posible determinar el mejor sustrato para la obtención de plántones a partir de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>?</p> <p>2. ¿Es posible determinar la mejor dosis de ácido indol butírico para la obtención de plántones a partir de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>?</p> <p>3. ¿Es posible determinar el efecto de la interacción dosis de ácido indol de ácido indol butírico con tipos de sustrato?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Obtener plántones de <i>Handroanthus billbergii</i> a partir de estacas de raíz.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>-Determinar el mejor sustrato para la obtención de plántones a partir de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>.</p> <p>-Determinar la mejor dosis de ácido indol butírico para la obtención de plántones a partir de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>.</p> <p>-Determinar el efecto significativo entre los factores S y D y su interacción entre los mismos.</p>	<p><b>a. Técnico.</b> - La falta de información que se tiene sobre técnicas de propagación vegetativa a partir de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>. Lo cual nos conlleva a realizar investigación, en caso de ser exitoso, los resultados permitirán tener nuevos conocimientos a viveristas. Ya que es una de las especies nativas más importante en el departamento de Tumbes.</p> <p><b>b. Económico.</b> - Mediante la aplicación de esta técnica de propagación se puede obtener plántones en el menor tiempo posible en comparación con los métodos de germinación. Esto permitirá la creación de programas de reforestaciones, forestaciones y arborizaciones, en la cual generará más empleos.</p> <p><b>c. Ambiental.</b> - Mediante la aplicación de esta técnica de propagación. Se incrementará la plantación de árboles. Con el crecimiento vegetativo proporcionaran sombra y oxígeno, de esta manera se estará contribuyendo a la mitigación de los efectos del cambio climático.</p> <p><b>d. Social.</b> - De ser exitosa esta técnica, generara más empleos de trabajo en la propagación y siembra; con el crecimiento vegetativo tendrán un ambiente saludable y genera más acogida de turistas ya que la mencionada especie brinda un espectáculo natural único con su florecimiento que se visten de dorado intenso, perfumando el ambiente y embelleciendo el paisaje. Lo cual permitirá a la ciudadanía la interrelación con otras personas.</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Dosis de AIB (0 ,1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm).</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b></p> <p>-N° de estacas con raíces -N° de raíces por estaca -Promedio de longitud de raíces por estaca -% de enraizamiento de estacas - N° de estacas con brotes -N° promedio de brotes foliares por estacas -Promedio de longitud de brotes por estaca -N° promedio de hojas por estaca -% de prendimiento de la planta hasta el final de evaluación.</p>	<p>Ha: Al menos una dosis del ácido indol butírico promoverá un efecto en la obtención de plántones a través de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>.</p> <p>Ho. Ninguna dosis del ácido indol butírico promoverá un efecto en la obtención de plántones a través de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i></p> <p>Ha: Al menos un sustrato promoverá un efecto en la obtención de plántones a través de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i>.</p> <p>Ho. Ningún tipo de sustrato promoverá un efecto en la obtención de plántones a través de estacas de raíz de <i>Handroanthus billbergii</i></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>-Al fin que se persigue: Aplicada</p> <p>-Al enfoque de investigación: Cuantitativa - experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> 450 unidades experimentales</p> <p><b>Muestra:</b> 10 unidades experimentales por tratamiento.</p> <p><b>Tratamiento estadístico:</b> Diseño de bloques Completamente al Azar</p>

**Anexo 5: Coordenadas de ubicación de árboles muestreados de  
Handroanthus billbergii (Guayacán madero negro).**

N° Árb	Código	Coordenadas UTM- WGS84	
		Este (X)	Norte (Y)
1	M1	563316	9589346
2	M2	563334	9589363
3	M3	563336	9589366
4	M4	563342	9589371
5	M5	563340	9589374
6	M6	563342	9589376
7	M7	563346	9589366
8	M8	563345	9589364
9	M9	563343	9589362
10	M10	563344	9589361
11	M11	563344	9589356
12	M12	563346	9589357
13	M13	563348	9589355
14	M14	563348	9589360
15	M15	563355	9589361
16	M16	563358	9589360
17	M17	563357	9589372
18	M18	563357	9589379
19	M19	563359	9589379
20	M20	563344	9589387
21	M21	563347	9589397
22	M22	563341	9589394
23	M23	563380	9589382
24	M24	563381	9589387
25	M25	563378	9589378
26	M26	563390	9589386
27	M27	563377	9589389
28	M28	563387	9589396
29	M29	563378	9589366
30	M30	563379	9589360
31	M31	563378	9589363
32	M32	563381	9589354
33	M33	563374	9589338
34	M34	563377	9589341
35	M35	563372	9589330
36	M36	563371	9589321
37	M37	563376	9589327
38	M38	563390	9589325
39	M39	563391	9589330
40	M40	563388	9589333
41	M41	563392	9589330
42	M42	563390	9589332
43	M43	563386	9589336
44	M44	563393	9589334
45	M45	563390	9589335
46	M46	563393	9589340
47	M47	563394	9589335
48	M48	563395	9589332
49	M49	563410	9589330
50	M50	563405	9589330
51	M51	563406	9589328
52	M52	563404	9589326
53	M53	563396	9589322

54	M54	563390	9589319
55	M55	563392	9589319
56	M56	563390	9589316
57	M57	563399	9589311
58	M58	563405	9589325
59	M59	563413	9589307
60	M60	563420	9589301
61	M61	563419	9589304
62	M62	563424	9589307
63	M63	563418	9589308
64	M64	563426	9589314
65	M-65	563422	9589312
66	M66	563415	9589316
67	M67	563415	9589318
68	M68	563418	9589316
69	M69	563421	9589319
70	M70	563416	9589320
71	M71	563417	9589322
72	M72	563416	9589327
73	M73	563409	9589324
74	M74	563417	9589328
75	M75	563421	9589339



## Anexo 6: Formulario de datos promedios obtenidos de evaluación de las variables estudiadas.

BLOQUES	TRAT.	SUSTRATOS	DOSIS (AIB)	N°	LONG.	TOTAL	%	N°	LONG.	TOTAL	N°	%
				RAIZ /ESTACA	RAIZ /ESTACA (cm)	ESTACAS CON RAIZ	ENRAIZ ESTACA	BROTE /ESTACA	BROTE /ESTACA (cm)	CON BROTE	HOJAS /ESTACA	PRENDI MIENTO
I	T1	Arena rio	0 ppm	0.9	12.78	3	9	0.6	7.17	4	4	40
	T2	Arena rio	1000 ppm	1.2	16	5	12	0.4	8	2	2.8	20
	T3	Arena rio	2000 ppm	2	15.4	6	20	0.8	5.63	4	5.4	40
	T4	Arena rio	3000 ppm	1.1	8.27	5	11	0	0	0	0	0
	T5	Arena rio	4000 ppm	2.3	11.61	8	23	0.5	3.2	2	2.9	20
	T6	Compost	0 ppm	1.8	18.35	7	18	1.6	16.81	7	9.6	70
	T7	Compost	1000 ppm	4.8	16.81	8	48	1.1	17	5	10.9	50
	T8	Compost	2000 ppm	4.7	20.38	10	47	1.2	12.17	6	10.1	60
	T9	Compost	3000 ppm	5	11.76	9	50	1.4	10.71	7	11.4	70
	T10	Compost	4000 ppm	4	13.28	9	40	1.1	10.91	5	9.1	50
	T11	Suelo forestal	0 ppm	0.3	13.67	2	3	1.7	6.83	9	4.6	90
	T12	Suelo forestal	1000 ppm	4.6	9.17	7	46	1.2	9.33	4	7.8	40
	T13	Suelo forestal	2000 ppm	4	12.1	9	40	0.6	21.17	5	7.1	50
	T14	Suelo forestal	3000 ppm	4.9	17.35	10	49	1.3	17.46	7	12.5	70
	T15	Suelo forestal	4000 ppm	2.7	12.15	8	27	0.7	10.43	3	5	30
II	T1	Arena rio	0 ppm	1.8	14.83	5	18	0.8	10.5	5	4.8	50
	T2	Arena rio	1000 ppm	2.8	11.64	9	28	0.2	15	1	2.2	10
	T3	Arena rio	2000 ppm	2.2	11.2	9	22	0.4	7.33	3	2.6	30
	T4	Arena rio	3000 ppm	4.3	12.19	7	43	0.5	7.6	2	3.5	20
	T5	Arena rio	4000 ppm	1.7	14.76	7	17	0.5	7.6	3	2.8	30
	T6	Compost	0 ppm	2.5	17.38	6	25	1.1	11.55	7	5.4	70
	T7	Compost	1000 ppm	5.9	14.29	10	59	0.9	15	5	10.1	50
	T8	Compost	2000 ppm	4.5	11.45	7	45	0.4	12.75	2	3.9	20
	T9	Compost	3000 ppm	4.7	16.19	10	47	0.8	12.63	5	7.6	50
	T10	Compost	4000 ppm	4.3	14.37	9	43	1	11	4	7.8	40
	T11	Suelo forestal	0 ppm	2.2	8.41	4	22	1.4	10.57	8	8.2	80
	T12	Suelo forestal	1000 ppm	3.7	17.97	7	37	1	15.5	5	8.5	50
	T13	Suelo forestal	2000 ppm	7	11.09	10	70	1	16.1	6	10.6	60
	T14	Suelo forestal	3000 ppm	4.4	9.89	8	44	0.8	13.75	4	6.3	40

	T15	Suelo forestal	4000 ppm	3.7	8.62	10	37	1.4	6.93	6	7.5	60
III	T1	Arena rio	0 ppm	0.3	21.33	1	3	0.7	5.71	5	3.1	50
	T2	Arena rio	1000 ppm	2.5	11.44	10	25	1.5	4.6	7	9	70
	T3	Arena rio	2000 ppm	3	9.53	8	30	0.8	10.25	4	5.4	40
	T4	Arena rio	3000 ppm	2.6	9.35	8	26	0.9	4.89	3	5.8	30
	T5	Arena rio	4000 ppm	3.7	11.49	9	37	0.3	11.33	3	2.8	30
	T6	Compost	0 ppm	1.9	18.21	8	19	1.4	9.86	6	7.8	60
	T7	Compost	1000 ppm	4.9	21.86	9	49	1.5	13.33	6	12.1	60
	T8	Compost	2000 ppm	4.6	11.65	10	46	0.6	10.33	3	4	30
	T9	Compost	3000 ppm	6.8	19.24	8	68	1.2	9.92	7	9	70
	T10	Compost	4000 ppm	5.8	14.43	10	58	0.9	9.56	5	7.6	50
	T11	Suelo forestal	0 ppm	1.3	13.79	4	13	1	11.7	5	5.5	50
	T12	Suelo forestal	1000 ppm	3.1	10.35	8	31	0.5	16.8	3	5.7	30
	T13	Suelo forestal	2000 ppm	1.9	9.05	7	19	0.3	18	3	3.4	30
	T14	Suelo forestal	3000 ppm	3.4	10.44	9	34	0.7	14.71	4	5.6	40
	T15	Suelo forestal	4000 ppm	4.8	12.47	10	48	1	17.2	6	11.5	60

## Anexo 7: Formulario para los ANOVAS.

### a) Suma de cuadrados:

$$SCT_{BLOQUES} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{\dots}^2}{pqn}$$

$$SCF_S = \sum_{i=1}^p \frac{y_{i.}^2}{qn} - \frac{y_{\dots}^2}{pqn}$$

$$SCF_D = \sum_{j=1}^q \frac{y_{.j}^2}{pn} - \frac{y_{\dots}^2}{pqn}$$

$$SCI_{SD} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{\dots}^2}{pqn} - SCF_S - SCF_D$$

$$SC_{ERROR} = SCT_{BLOQUES} - SCI_{SD} - SCF_S - SCF_D$$

**b) Grados de libertad:**

$$GL_{BLOQUES} = B - 1$$

$$GLF_S = p - 1$$

$$GLF_D = q - 1$$

$$GLI_{SD} = (p - 1)(q - 1)$$

$$GL_{ERROR} = (T - 1)(B - 1)$$

**c) Cuadrados medios:**

$$CM_{BLOQUE} = \frac{SCT_{BLOQUES}}{GL_{BLOQUES}}$$

$$CMF_S = \frac{SCF_S}{GLF_S}$$

$$CMF_D = \frac{SCF_D}{GLF_D}$$

$$CMI_{SD} = \frac{SCI_{SD}}{GLI_{SD}}$$

$$CM_{ERROR} = \frac{SC_{ERROR}}{GL_{ERROR}}$$

**d) Fisher críticos o calculados:**

$$FC_{BLOQUES} = \frac{CM_{BLOQUE}}{CM_{ERROR}}$$

$$FCF_S = \frac{CMF_S}{CM_{ERROR}}$$

$$FCF_D = \frac{CMF_D}{CM_{ERROR}}$$

$$FCI_{SD} = \frac{CMI_{SD}}{CM_{ERROR}}$$

**Tabla Anova:**

Fuente de Varianza	GL	SC	CM	FC	FT
Bloques	B-1	$SCT_{BLOQUES}$	$CM_{BLOQUE}$	$\frac{CM_{BLOQUE}}{CM_{ERROR}}$	
Factor S	p-1	$SCF_S$	$CMF_S$	$\frac{CMF_S}{CM_{ERROR}}$	
Factor D	q -1	$SCF_D$	$CMF_D$	$\frac{CMF_D}{CM_{ERROR}}$	
Interacción S x D	(p-1) (q-1)	$SCI_{SD}$	$CMI_{SD}$	$\frac{CMI_{SD}}{CM_{ERROR}}$	
error	(T-1) (B-1)	$SC_{ERROR}$	$CM_{ERROR}$		
Total	pqn -1				

**Anexo 8: Tablas de análisis estadístico para la significancia dentro de los factores S y D**

**A. Número de estacas con raíz.**

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		6	2.6
Compost			3.4
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		SI
Suelo forestal	SI	SI	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	<b>A</b>
Suelo forestal	<b>B</b>
Arena de río	<b>C</b>

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		11	12	11.3333333	13.3333333
1000			1	0.33333333	2.33333333
2000				0.66666667	1.33333333
3000					2
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		SI	SI	SI	SI
1000	SI		NO	NO	SI
2000	SI	NO		NO	NO
3000	SI	NO	NO		NO
4000	SI	SI	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
4000	A
2000	A
3000	A
1000	B A
0	C

## B. Número de raíces por estaca.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		2.2533333333	1.306666667
Compost			0.946666667
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		2.2777778	2.322222222	2.6888889	2.22222222
1000			0.044444444	0.41111111	0.05555556
2000				0.3666667	0.10000000
3000					0.46666667
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		SI	SI	SI	SI
1000	SI		NO	NO	NO
2000	SI	NO		NO	NO
3000	SI	NO	NO		NO
4000	SI	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
3000	A
2000	A
1000	A
4000	A
0	B

### C. Longitud de raíces por estaca.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		3.188666667	1.02
Compost			4.208666667
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		NO	NO
Compost	NO		SI
Suelo forestal	NO	SI	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Arena de río	A
Suelo forestal	B A

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		1.024444444	2.988888889	2.674444444	2.841111111
1000			1.964444444	1.65	1.816666667
2000				0.314444444	0.147777778
3000					0.166666667
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		NO	NO	NO	NO
1000	NO		NO	NO	NO
2000	NO	NO		NO	NO
3000	NO	NO	NO		NO
4000	NO	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
0	A
1000	A
3000	A
4000	A
2000	A

#### D. Porcentaje de enraizamiento de estacas (%).

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		20	8.666666667
Compost			11.333333333
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	NO
Compost	SI		NO
Suelo forestal	NO	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B A

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		36.666667	40	37.777778	44.444444
1000			3.333333333	1.1111111	7.7777778
2000				2.2222222	4.4444444
3000					6.6666667
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		SI	SI	SI	SI
1000	SI		NO	NO	NO
2000	SI	NO		NO	NO
3000	SI	NO	NO		NO
4000	SI	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
4000	A
2000	A
3000	A
1000	A
0	B

#### E. Número de estacas con brotes.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		6.4	6
Compost			0.4
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B



2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		6	6.666666667	5.66666667	6.33333333
1000			0.666666667	0.33333333	0.33333333
2000				1	0.33333333
3000					0.66666667
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		SI	SI	SI	SI
1000	SI		NO	NO	NO
2000	SI	NO		NO	NO
3000	SI	NO	NO		NO
4000	SI	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
0	A
3000	B
1000	B
4000	B
2000	B

#### F. Número de brotes por estaca.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		0.486666667	0.38
Compost			0.106666667
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		0.2222222	0.466666667	0.3	0.3222222
1000			0.244444444	0.0777778	0.1
2000				0.1666667	0.1444444
3000					0.0222222
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		NO	NO	NO	NO
1000	NO		NO	NO	NO
2000	NO	NO		NO	NO
3000	NO	NO	NO		NO
4000	NO	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
0	A
1000	A
3000	A
4000	A
2000	A

### G. Longitud de brotes por estaca.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		4.981333333	6.511333333
Compost			1.53
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Suelo forestal	A
Compost	A
Arena de río	B

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		2.651111111	2.558888889	0.1077778	0.2822222
1000			0.092222222	2.5433333	2.9333333
2000				2.4511111	2.8411111
3000					0.39
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		NO	NO	NO	NO
1000	NO		NO	NO	NO
2000	NO	NO		NO	NO
3000	NO	NO	NO		NO
4000	NO	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
1000	A
2000	A
3000	A
0	A
4000	A

#### H. Número de hojas por estaca.

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		4.62	3.513333333
Compost			1.106666667
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		1.7888889	0.05555556	0.9666667	0.4444444
1000			1.844444444	0.8222222	1.3444444
2000				1.0222222	0.5
3000					0.5222222
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		NO	NO	NO	NO
1000	NO		NO	NO	NO
2000	NO	NO		NO	NO
3000	NO	NO	NO		NO
4000	NO	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
1000	A
3000	A
4000	A
0	A
2000	A

### I. Porcentaje de prendimiento de la plantación (%).

1) Entre los sustratos:

DIFERENCIAS	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		21.33333333	20
Compost			1.333333333
Suelo forestal			

COMPARACIÓN	Arena de río	Compost	Suelo forestal
Arena de río		SI	SI
Compost	SI		NO
Suelo forestal	SI	NO	

SUSTRATOS	SIGNIFICANCIA
Compost	A
Suelo forestal	A
Arena de río	B

2) Entre las dosis:

DIFERENCIAS	0	1000	2000	3000	4000
0		20	22.22222222	18.888889	21.111111
1000			2.22222222	1.1111111	1.1111111
2000				3.3333333	1.1111111
3000					2.2222222
4000					

COMPARACIÓN	0	1000	2000	3000	4000
0		SI	SI	SI	SI
1000	SI		NO	NO	NO
2000	SI	NO		NO	NO
3000	SI	NO	NO		NO
4000	SI	NO	NO	NO	

DOSIS	SIGNIFICANCIA
0	A
3000	B
1000	B
4000	B
2000	B

### Anexo 9: Acondicionamiento de cama para el experimento





**Anexo 10: Muestra de tipos de sustratos (Arena de río, compost y suelo forestal).**



**Anexo 11: Selección, demarcación de árboles y extracción de las raíces.**



**Anexo 12: Corte y tamaño de estacas, remojo de las estacas en soluciones de ácido indol butírico por 10 minutos.**



**Anexo 13: Establecimiento de las estacas según los tratamientos.**





#### Anexo 14: Codificación de las estacas.

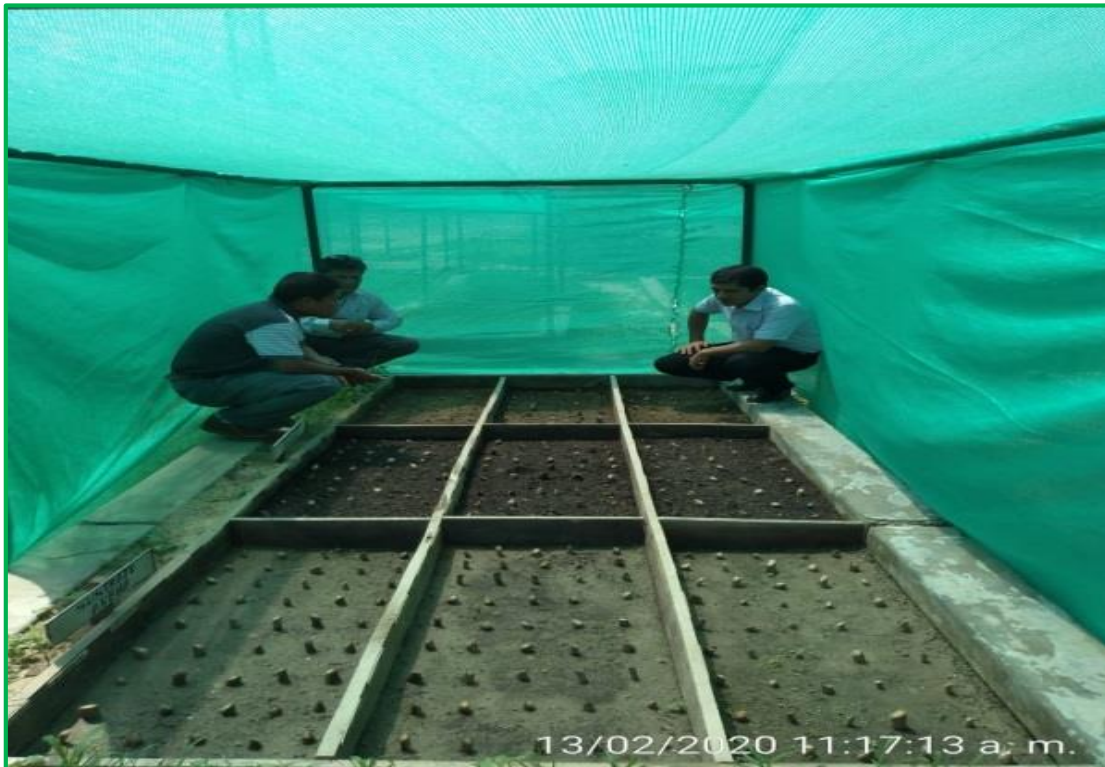


#### Anexo 15: Riego y deshierbe de la plantación





**Anexo 16: Supervisión del Jurado evaluador de tesis en compañía con el Asesor y coasesor**



**Anexo 17: Obtención de plantones con el sustrato arena de río**



**Anexo 18: Obtención de plántones con el sustrato compost**



**Anexo 19: Obtención de plántones con el sustrato suelo forestal**





**Anexo 20: Plantón a base se sustrato compost y 1000 ppm de AIB**



Anexo 21: Plantación de *Handroanthus billbergii*, obtenidos a base de estacas de raíz.

