

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal



TESIS

**EFFECTO DE DOS SUSTRATOS Y CUATRO DOSIS DE ÁCIDO
INDOL BUTÍRICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE**

***Podocarpus oleifolius* D. Don**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MIGUEL ÁNGEL HERRERA NAUCA

Asesor:

ING. NEHEMIAS HONORIO SANGAY MARTOS

CAJAMARCA – PERÚ

- 2022 -



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dos días del mes de agosto del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 184-2022-FCA-UNC, de fecha 14 de junio del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **“EFECTO DE DOS SUSTRATOS Y CUATRO DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Podocarpus oleifolius* D. Don.**”, realizada por el Bachiller **MIGUEL ANGEL HERRERA NAUCA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las cinco horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las siete horas y doce minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Luis Dávila Estela
SECRETARIO

Ing. Andrés Hibernon Lozano Lozano
VOCAL

Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos
ASESOR

DEDICATORIA

A:

A mi madre, Julia Nauca Aguilar.

A mi pequeña hija, Shopia Luciana.

A mi abuela, Arminda Aguilar.

A Udilberto Vásquez Bautista.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por las bendiciones que me brinda cada día. Además, a quienes han sido el mejor apoyo y soporte a lo largo de mi vida.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y en especial a la carrera de Ingeniería Forestal por brindarme la oportunidad para formarme profesionalmente, y alcanzar mis metas y objetivos propuestos.

A mi asesor, Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos, por sus aportes para culminar la presente investigación.

Al exdocente, Ing. M. Malpica, por sus valiosos consejos en la ejecución de la presente investigación en la fase de instalación de la investigación.

A mi estimado amigo, Ing. Elvis Eduardo Allauja Salazar, por compartir su experiencia y conocimientos para la realización de este trabajo de investigación.

Al Gerente de la Oficina de la Gerencia del Ambiente y Saneamiento de la Municipalidad distrital de Bambamarca, Ing. Walter Vásquez Benavidez, por su apoyo con la infraestructura del vivero municipal para desarrollar el presente trabajo de investigación.

A mis amigos y colegas del trabajo quienes de una u otra manera me apoyaron para hacer posible el trabajo de campo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	2
REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Antecedentes de la investigación	2
2.2 Bases teóricas.....	3
2.2.1. Métodos de propagación de la especie	4
A. Sexual.....	4
B. Asexual	4
Propagación vegetativa por estacas.....	5
A. Recolección del material.....	5
B. Características del material de propagación, selección y estado.....	5
C. Desinfección del material	6
2.2.3 Medios de enraizamiento.....	6
2.2.4 Reguladores de enraizamiento.....	7
A. Auxinas	7
D. Citoquininas	8
2.2.5 Sustrato	9
A. Arena	9
B. Abono orgánico.....	10
C. Humus.....	10
CAPÍTULO III	13
MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Ubicación geográfica del lugar de investigación	13
3.2 Materiales.....	13
3.2.1 Material biológico.....	13
3.2.2 Material de campo	13
3.2.3 Material y equipo de laboratorio.....	15
3.2.4 Insumos y productos químicos.	15
3.2.5 Sustratos.	15

3.3	Metodología	15
3.3.1	Trabajo de campo.....	15
A.	Identificación de plantas madre	15
B.	Acondicionamiento de la platabanda	166
C.	Preparación y desinfección del sustrato.....	17
D.	Recolección y traslado del material vegetativo	20
E.	Desinfección de material.....	2020
F.	Aplicación del AIB en las estacas de <i>Podocarpus oleifolius</i>	22
G.	Instalación de las estacas en las platabandas	22
H.	Evaluación y monitoreo del enraizamiento de estacas	25
3.3.2	Diseño experimental	29
	Procesamiento de datos	30
CAPÍTULO IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1	Variables evaluadas sobre el enraizamiento de estacas de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	35
4.1.1	Análisis de varianza para el número de raíces	35
4.1.2	Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíces (cm).....	36
4.1.3	Análisis de varianza (ANOVA) para el número de brotes	39
4.1.4	Análisis de varianza para la longitud de brote (cm)	40
4.1.5	Análisis de varianza para el número hojas.	43
4.1.6	Análisis de varianza para el número callos.....	44
4.1.7	Análisis de varianza para la supervivencia de las estacas	45
CAPÍTULO V		48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		48
CAPÍTULO VI.....		50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		50
CAPITULO VII.....		56
ANEXOS		56
Anexo 1. Panel fotográfico de la investigación		56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de las plantas madres, de las cuales se obtuvieron las estacas	19
Tabla 2. Factores, niveles, y tratamientos en estudio	34
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de raíces.....	36
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíces (cm)	38
Tabla 5. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido IBA en la longitud de raíces	38
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de brotes	40
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de brotes (cm)	42
Tabla 8. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido IBA en la longitud de brote	43
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas.....	44
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de callos	46
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de supervivencia (%)	47
Tabla 12. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del sustrato en el porcentaje de enraizamiento	47
Tabla 13. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido IBA en el porcentaje de enraizamiento	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las plantas madres, de las cuales se obtuvieron las estacas	15
Figura 2. Identificación y localización de los árboles candidatos para extraer el material vegetativo	19
Figura 3. Platabanda de 9.6 m de largo x 1.6 m de ancho x 25 cm de alto	20
Figura 4. Sustrato a base de humus de lombriz	22
Figura 5. Mezcla del sustrato humus de lombriz con la arena	22
Figura 6. Cernido del sustrato tierra de la zona	23
Figura 7. Recojo y traslado del material vegetativo	24
Figura 8. Lavado de estacas	24
Figura 9. Preparación de la solución alcohol al 20 %.	25
Figura 10. Estacas en las soluciones de ácido Indol butírico	26
Figura 11. Instalación de las estacas en cada unidad experimental	27
Figura 12. Tendido de cordel para obtener un distanciamiento exacto	27
Figura 13. Riego de las 32 unidades experimentales	28
Figura 14. Deshierbo	28
Figura 15. Número de raíces	29
Figura 16. Medición de la longitud de las raíces	29
Figura 17. Conteo de brotes	30
Figura 18. Evaluación de la longitud de brote	30
Figura 19. Conteo del número de hojas	31
Figura 20. Conteo del número de callos	32
Figura 21. Medición de la longitud de las estacas.....	32
Figura 22. Conteo de estacas vivas por unidad experimental.....	33
Figura 23. Promedio del número de raíces	36

Figura 24. Longitud de raíces obtenida con cada concentración de ácido indol butírico	39
Figura 25. Promedio longitud de raíces obtenidas con cada tratamiento.....	39
Figura 26. Promedio del número de brotes obtenido con cada tratamiento....	41
Figura 27. Promedio de la longitud de brotes por efecto del ácido indol butírico	43
Figura 28. Promedio longitud de brotes obtenidos con cada tratamiento.	43
Figura 29. Promedio del número de hojas obtenidos en cada tratamiento. ...	44
Figura 30. Promedio del número de callos obtenidos en cada tratamiento. ...	46
Figura 31. Porcentaje de supervivencia por efecto de sustrato.	48
Figura 32. Porcentaje de supervivencia por efecto del ácido indol butírico. ...	49

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la propagación vegetativa mediante la utilización de estacas de *Podocarpus oleifolius* en dos tipos de sustratos, así como utilizando cuatro concentraciones de estimulante de enraizamiento. El material biológico se obtuvo de árboles del bosque ubicado en el centro poblado de Huangamarca, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. El experimento se realizó en el invernadero de la municipalidad de Bambamarca, mediante un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2 (sustratos) por 4 (concentraciones). Los sustratos estuvieron conformados por arena más humus, y tierra del bosque. Como estimulante de enraizamiento se empleó ácido indol butírico (IBA) con 0.0 ppm, 0.250 ppm, 0.500 ppm y 0.750 ppm de concentración. El área de la unidad experimental fue de 0.80 m de largo por 0.60 m de ancho, donde se plantó 20 estacas de 18 cm de longitud a una profundidad de 6 cm. El distanciamiento entre filas fue de 10 cm y entre columnas de 20 cm. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de supervivencia, número de raíces, longitud de raíces y de brote y número de hojas. La supervivencia de las estacas de *Podocarpus oleifolius* es de 51 % utilizando como sustrato tierra del bosque e IBA en una concentración de 0.500 ppm. El número de raíces, longitud de brote y número de hojas no se ven afectados por el sustrato ni la concentración del estimulante. El mejor resultado sobre la longitud de tallo, se alcanzó con la concentración de 0.250 ppm y tierra del bosque.

Palabras claves: *Podocarpus oleifolius*, ácido indol butírico, estacas, enraizamiento de estacas.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the vegetative propagation through the use of *Podocarpus oleifolius* cuttings in two types of substrates, as well as using four concentrations of rooting stimulant. The biological material was obtained from trees in the forest located in the town of Huangamarca, Bambamarca district, Hualgayoc province, Cajamarca department. The experiment was carried out in the greenhouse of the municipality of Bambamarca, using a completely randomized experimental design (DCA), with a factorial arrangement of 2 (substrates) by 4 (concentrations). The substrates were made up of sand plus humus, and forest land. Indole butyric acid (IBA) with 0.0 ppm, 0.250 ppm, 0.500 ppm and 0.750 ppm concentration was used as rooting stimulant. The area of the experimental unit was 0.80 m long by 0.60 m wide, where 20 stakes 18 cm long were planted at a depth of 6 cm. The distance between rows was 10 cm and between columns 20 cm. The variables evaluated were: percentage of survival, number of roots, length of roots and shoot and number of leaves. Survival of *Podocarpus oleifolius* cuttings is 51% using forest soil and IBA at a concentration of 0.500 ppm as substrate. The number of roots, shoot length and number of leaves are not affected by the substrate or the concentration of the stimulant. The best result on stem length was achieved with a concentration of 0.250 ppm and forest land.

Keywords: *Podocarpus oleifolius*, rooting, propagation, cuttings.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según Campos (2009) los bosques naturales tropicales y subtropicales de América del Sur presentan una alta diversidad de especies maderables y no maderables, los cuales proveen diferentes bienes y servicios ambientales y económicos a las comunidades cercanas a los bosques, pero la explotación indiscriminada de los bosques naturales ha fragmentado los singulares hábitats de las especies de la familia Podocarpaceae poniéndolos en peligro de extinción, así lo confirman investigadores como: Cesa (1989), Loján (1992), Ríos (2000), Hofstede (1998), Castillo y Castro (1989) y Predesur (1975) citado por Gálvez *et al.* (2003).

Una de las especies más afectadas y consideradas en amenaza de extinción debido a los efectos negativos ya mencionados es el “saucecillo” o *Podocarpus oleifolius*, ya que su propagación y establecimiento natural requiere de un período prologado de tiempo y en la actualidad existe escasa información sobre propagación por estacas de la especie en mención, lo que implica un cierto desconocimiento de los tipos de propagación que puede poseer; asimismo, se desconoce que el estimulante de enraizamiento sería el más adecuado a utilizar y cuál es la dosis óptima del mismo (George *et al.* 2008).

El problema que orientó la presente investigación fue: ¿Cuál es el efecto de dos sustratos y cuatro dosis de ácido indol butírico en la propagación vegetativa de *Podocarpus oleifolius* D. Don? La hipótesis planteada consiste en que, el efecto de dos sustratos y cuatro dosis de ácido indol butírico en la propagación vegetativa de *Podocarpus oleifolius* D. Don es positivo, ya que se obtiene un prendimiento por encima del 50 %.

El propósito de la investigación es probar el mejor método o técnica para una eficiente propagación de la especie y tratar de conservar o aumentar el número de individuos y permitir la continuidad de la especie. El objetivo de este estudio es determinar el efecto de dos sustratos y cuatro dosis de ácido indol butírico en el enraizamiento de estacas de *Podocarpus oleifolius* D. Don.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Almendares (2006) evaluó el enraizamiento de brotes de *Pinus oocarpa* en diferentes sustratos, utilizando diferentes concentraciones de ácido indol butírico (AIB) y ROOTEX, en donde la hormona que presentó mayor desarrollo de raíces fue el ácido indol butírico a una concentración de 1000 ppm, en lo que se refiere a número y longitud de raíces. El sustrato que presentó mayor desarrollo de raíz fue arena + grava, favoreciendo el número y largo de raíces en los brotes. Los tratamientos que presentaron mayor sobrevivencia después del trasplante fueron Rootex a 1000 ppm en sustrato arena + grava, seguido por el tratamiento con Rootex a 3000 ppm en sustrato tierra + arena.

Castillo *et al.* (2007), en un ensayo de evaluación del enraizamiento de estacas y esquejes de *Podocarpus oleifolius*, utilizando diferentes concentraciones de ácido indol butírico (AIB) en la provincia de Loja, observaron que, en todas las concentraciones de la hormona AIB, las estacas extraídas de la parte inferior de la copa del árbol presentaron mayor porcentaje de enraizamiento, debido a que el mayor potencial auxínico se encuentra en la parte baja de la copa del árbol. Los mayores valores registrados fueron de 14 % y 13 % corresponden a los tratamientos cuya concentración es de 0.625 y 0.00g/l de AIB. En cuanto a esquejes se obtuvieron porcentajes de enraizamiento del orden entre 22 y 40 %.

Quintero y Toro (2007) realizaron un ensayo de evaluación del enraizamiento de micro estacas de *Podocarpus oleifolius* aplicando Ácido Indol butírico en diferentes concentraciones (0, 1000, 3000, 5000 ppm), sembradas en dos tipos de sustratos, el primero compuesto de tierra: arena y carbonilla (T:A:C) en proporciones 2:1:1; y el segundo, solo arena, ambos esterilizados. El experimento se llevó a cabo en la estación Biodiversidad de Piedras Blancas, ubicada en el corregimiento de Santa Elena, municipio de Medellín. Uso un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 S x 4 H, resultando ocho tratamientos, con 12 repeticiones. Obteniendo como resultados que, la

capacidad de enraizamiento (CE) estuvo por encima del 50 % en todos los tratamientos y en ambos sustratos, llegando a alcanzar porcentajes de 83% (1000 ppm AIB) en el sustrato T: A: C y del 100% (5000 ppm AIB) en arena, notándose en este último tratamiento, un efecto positivo del AIB en el incremento de CE. Cabe mencionar que las micro estacas enraizadas en el sustrato (T: A:C), presentaron un mejor desarrollo y longitud de las raíces inducidas, comparado con las cortas raíces desarrolladas en arena.

Peralta (2011) evaluó el efecto que produce el Ácido Indol butírico (AIB) en el enraizamiento de brotes de *Pinus oocarpa* Schiede con la finalidad de conocer la respuesta de esta especie a la formación de raíces para la propagación vegetativa de individuos que muestren características superiores. El experimento se realizó en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo condiciones controladas de invernadero. Utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos (T1: 500 ppm, T2: 1000 ppm, T3: 2000 ppm y T4: 3000 ppm de AIB), incluyendo un testigo (T5) y cuatro repeticiones; en el cual evaluó el número, longitud, peso seco de raíces y el crecimiento inicial cinco meses luego de haber enraizado y porcentaje de enraizamiento. Obtuvo como resultado que entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, se pudo apreciar que la mejor concentración de AIB para el porcentaje de enraizamiento, número de raíces y crecimiento inicial es la concentración del T2; el mayor peso seco de raíces se obtuvo con la concentración de T3, mientras que la mayor longitud de raíces se obtuvo en el testigo (T5). No obstante, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con AIB y el testigo.

Galárraga *et al.* (2015) en su investigación que realizó en Sandolqui, Ecuador, cuyo objetivo fue establecer un protocolo de desinfección, inducción y multiplicación *in vitro* a partir de segmentos apicales de plantas juveniles de romerillo (*Podocarpus oleifolius*). En la fase de multiplicación aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 4, de 16 tratamientos con ocho repeticiones, cuyos factores son, factor 1: concentraciones de BAP (0, 2, 3, 4 mg L⁻¹); y factor 2: concentraciones de AIB (0, 0.4, 0.6, 0.8 mg L⁻¹). Evaluaron a tres subcultivos por el periodo de seis meses. Obtuvo como resultado, que el mejor

tratamiento según los brotes y longitud de yema apical fue el T13 (4 mg L⁻¹ y 0 mg L⁻¹ de AIB), donde el primer subcultivo obtuvo una longitud de 1.92 cm y 3 brotes/explante, el segundo subcultivo una longitud de 1.75 cm y 2 brotes/explante y en el tercer subcultivo una longitud de 1.23 cm y 2 brotes/explante.

Yépez (2016) buscó la mejor alternativa de reproducción vegetativa, en sustrato tierra y agua. Utilizó un diseño irrestricto al azar, con arreglo factorial 2 A x 2 B x 3 C, cuyos factores fueron: medio de enraizamiento (A1: tierra y A2: agua), origen de esqueje (B1: esquejes de ramas basales y B2: esquejes de ramas apicales) y longitud de esqueje (C1: 10 a 14.9 cm, C2: 15 a 19.9 cm y C3: 20 a 25 cm, siendo longitud 1, 2 y 3 respectivamente), siendo un total de 12 tratamientos, con cuatro repeticiones. La fase de enraizamiento se realizó en un periodo de cuatro meses a partir del establecimiento y abarcó la formación del callo, formación de brotes aéreos y enraizamiento. Obteniendo como resultado que, el T9 (agua + esqueje basal + longitud 3) tuvo un prendimiento de 78,75%. Los esquejes basales de 20 a 25 cm (longitud 3) evidenciaron la mejor formación del callo con un coeficiente de formación de 1,42. En la variable longitud de raíces se evidenció dos tratamientos con mejor longitud de raíces, el tratamiento T9: A-B-L3 (agua + esqueje basal + longitud 3) y el tratamiento T8: A-B-L2 (agua + esqueje basal + longitud 2) con promedios de 2,72cm y 2,42 cm respectivamente.

2.2 Bases teóricas

El *Podocarpus oleifolius* o comúnmente llamado “saucecillo”, es una especie de conífera nativa del norte de los Andes que pertenece a la familia Podocarpaceae, con fuste recto y posee una madera fina; por lo que es muy apreciable por su valor económico, crece naturalmente en los bosques húmedos (selvas nubladas) de los Andes, en altitudes que varían desde los 1800 hasta los 3000 msnm. (Gálvez *et al.* 2003), con temperaturas entre 10 °C y 18 °C aproximadamente y con una precipitación promedio de 2000 mm/año. Pueden alcanzar una altura de hasta 45 m, se desarrolla en terrenos suavemente inclinado y en pequeñas depresiones sobre suelos húmedos, arcillosos, relativamente fértiles en donde vive asociado con otras especies (Jara y Ordoñez 2000).

2.2.1. Métodos de propagación de la especie

A. Sexual

El *Podocarpus oleifolius*, presenta una baja viabilidad por las características que presenta sus semillas, debiéndose al bajo poder germinativo que presenta por la falta de luz, agua y ataque de insectos y hongos (Sanzetenea 2005).

B. Asexual

La propagación asexual consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas, lo cual es posible por la capacidad de regeneración de ciertos órganos vegetativos. Por ejemplo, las porciones de tallos tienen la capacidad de formar nuevas raíces y a su vez éstas pueden regenerar un nuevo tallo (Álvarez 1994).

Trujillo (2000) sostiene que la propagación asexual es la reproducción de plantas a partir de partes de raíz, tallo, hojas o ramas originando plantas genéticamente iguales a la planta original. Hay tres definiciones que son necesarias tomarlas en cuenta para los trabajos de propagación vegetativa:

- Ortet: La planta original, de la cual se extrae las partes para ser propagadas vegetativamente.
- Ramets: Las nuevas plantas propagadas vegetativamente a partir de un ortet.
- Clon: La planta original, ortet y las plantas propagadas a partir de ella, forman una planta denominada clon.

2.2.2 Formas de reproducción asexual

La propagación por estacas es un método de propagación asexual, que consiste en obtener una nueva planta con las mismas características de la planta madre. Las estacas puestas en condiciones favorables, emiten raíces y desarrollan un brote el que más tarde originará una planta idéntica a la planta de cual proceda. Este método de propagación es muy ventajoso, porque permite multiplicar las plantas en tiempos más cortos, es poco costoso y sencillo, no se necesitan de las técnicas especiales que se necesitan en el injerto (Hartmann y Kester 1998).

Propagación vegetativa por estacas

Según Álvarez (1994), este método permite propagar muchas plantas en un espacio limitado, partiendo de unas pocas plantas madres. Son baratos, rápidos y de fácil aplicación. Las nuevas plantas obtenidas suelen reproducir con exactitud las características genéticas de su progenitor.

A. Recolección del material

La calidad del material vegetativo depende en gran medida la obtención de plantas sanas y vigorosas. Álvarez (1994) recomienda lo siguiente:

- Reducir la provisión de nitrógeno a las plantas madres proveedoras de material vegetativo, para evitar el crecimiento de ramas y permitir la acumulación de carbohidratos.
- Escoger estacas con porciones de la planta que estén en estado nutritivo adecuado. Por ejemplo, se toman ramas laterales en las cuales ha disminuido el crecimiento rápido y se han acumulado los carbohidratos.
- Seleccionar partes de la rama que tienen un alto contenido de carbohidratos. Según análisis químicos se sabe que son las porciones basales de las plantas aquellas que reúnen estos requisitos.

B. Características del material de propagación, selección y estado

Hartmann y Kester (1998) recomiendan que el material para las estacas y esquejes, sean las porciones de las plantas que estén en buen estado nutritivo; y de preferencia que sean jóvenes ya que enraízan con más facilidad que aquellas que provienen de plantas viejas y maduras. Las partes basales de las ramas terminales y las ramillas laterales enraízan con facilidad. La planta madre de la cual se va obtener las estacas debe poseer ciertas características fenotípicas, como: tener buen fuste, de buena altura no muy ramificado, con pocos nudos estar libre de enfermedades, que sean moderadamente vigorosas y tener mucho en cuenta la edad de la planta reproductora.

C. Desinfección del material

Hudson y Dale (1971) citado por Álvarez (1994) sugieren que la desinfección de las estacas es una práctica estrictamente necesaria al tratar esta clase de materiales; toda herida causada en la obtención, transporte, y preparación del material debe ser desinfectado con los productos más aconsejables que son el hipoclorito de sodio y etanol.

2.2.3 Medios de enraizamiento

Existen numerosos tipos de sustratos. Están los de tipo orgánico (turba, tierra de hoja, aserrín, cáscara de arroz, etc.) y los de tipo mineral (arena y arcillas expandidas como la perlita y vermiculita) (Wells 1979, Botti 1999). Los mejores resultados generalmente se han obtenido con el empleo de una mezcla de perlita y vermiculita en proporción de 2:1 ó 1:1, pero su costo es demasiado elevado (Botti 1999).

Muñoz (1994) afirma que se debe utilizar un sustrato adecuado para poner a germinar las estacas ya sea de ramas, raíces y así tener una planta nueva. La selección de especies nuevas debe hacerse con mucho cuidado y deben estar adaptadas al medio ambiente del lugar, es decir, clima, suelo, y ambiente biótico.

El sustrato que será puesto en el vivero debe ser tamizado o cernido con una malla de metal, para así evitar partículas gruesas, raíces ajenas, palos, vidrios, etc. (Hartmann *et al.* 1998).

La mejor época para la siembra es cuando el suelo esta mojado, también cuando las condiciones atmosféricas son húmedas o hay poca evaporación. La profundidad de la plantación debe permitir un buen equilibrio entre la parte aérea y la parte que está enterrada de la estaca, para así evitar que esta se seque o se voltee y produzca pocas raíces. De preferencia se debe colocar inclinado dejando un ángulo de inclinación más o menos de 30° y dejar una yema fuera, ya que de esta manera se está asegurando que la estaca brote y no se pudra (Sisaro 2016).

2.2.4 Reguladores de enraizamiento

A. Auxinas

Según Cueva (2007), auxina es un término genérico que se aplica al grupo de compuestos caracterizados para inducir la extensión de las células de los brotes. Por su parte Lucas (2002) citado por Castillo y Cueva (2006) menciona que las auxinas influyen en el crecimiento de los órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución.

En la actualidad se utilizan varias auxinas sintéticas en la producción agrícola como: ácido indol butírico (AIB), ácido indol - propiónico (AIP), ácido naftalen - acético (ANA), ácido fenil - acético (AFA) y ácido 2,4, dicloro - fenoxiacético (2,4 - D). Este último se utiliza como herbicida (Harold y Hocker 1979, citado por Castillo y Cueva 2006).

Alcántara-Cortes *et al.* (2019) señalan que las auxinas participan ampliamente en toda la regulación de las diferentes tasas de crecimiento (tropismos y dominancia apical) y la diferenciación de tejidos (diferenciación de raíces y la base del corte).

Los productos más utilizados para favorecer el enraizamiento son las auxinas sintéticas o ácidos orgánicos, tales como el ácido indol butírico (IBA), el ácido naftalenacético (ANA) y en un menor grado el ácido indolacético (AIA). En razón a su actividad fisiológica se le ha dado el nombre de hormonas auxinas de síntesis, por analogía con las hormonas naturales, pero es preferible designarlas con el nombre de sustancias reguladoras de crecimiento (Córdova 1976, Hartmann y Kester 1998). Las mezclas de sustancias estimuladoras del enraizamiento son más efectivas que cualquiera de sus componentes aislados. Por ejemplo, cuando en cierto número de especies muy diferentes se usó una mezcla de partes iguales de ácido indol butírico y ácido naftalenacético, se encontró que inducía un mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas y la producción de más raíces por estaca que cada material por separado (Hartmann y Kester 1998).

Efectos del ácido indol butírico (IBA)

Hay una variedad de compuestos químicos sintéticos que tienen actividad auxínica. Entre estos compuestos químicos con actividad auxínica está el ácido, indol butírico (IBA), que aún no se han aislado de los tejidos vegetales.

El AIB es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de especies (Hartmann y Kester 1998).

Con el uso de ácido indol butírico se obtienen buenos resultados en el enraizamiento de estacas, acelerando la iniciación del proceso, aumentando el número y calidad de las raíces producidas. Los sistemas de enzimas destructores de auxinas la destruyen en forma relativamente lenta, además se moviliza pausadamente dentro de la planta y se retiene cerca del sitio de aplicación (Hartmann y Kester 1998).

Existen tres formas de aplicar el IBA en la base de las estacas de tallo. Uso de soluciones con concentración superior a 1000 ppm por unos pocos segundos diluida en alcohol, concentraciones entre 10 a 500 ppm por sobre 24 horas y uso de soluciones en polvo con concentraciones de la parte activa entre 500 a 1000 ppm. Por lo general concentraciones relativamente bajas estimulan el crecimiento, en cambio las muy altas lo inhiben, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido (Hartmann y Kester, 1998).

La mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 0,2% a 0.3% de IBA, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores (Soudre *et al.*, citado por Silva 2015).

D. Citoquininas

Son considerados como hormonas vegetales que ejercen multitud de efectos sobre el desarrollo de la planta entre ellos la regulación de la división células. Los niveles de citoquininas en las plantas dependen de su biosíntesis o su absorción, a partir de fuentes extracelulares. Las citoquininas son sintetizadas, mayoritariamente, en las zonas meristemáticas de las raíces, durante la fase reproductora también aparecen otros centros de producción importante de

citoquininas, principalmente el endospermo o el eje embrionario, que se convierte en el centro de producción y de distribución de las citoquininas cuando se inicia la germinación de semillas (Cerezo sp.). (Hartmann y Kester 1998).

Su función es estimular la división celular y el crecimiento, inhiben el desarrollo de las raíces laterales, rompen la latencia de las yemas axilares, promueven la expansión celular en cotiledones y hojas, retrasa la senescencia o envejecimiento de los órganos vegetales, promueve la organogénesis en los callos celulares, promueve el desarrollo de los cloroplastos (Hartmann y Kester 1998).

Entre las principales citoquininas tenemos la Kinetina (KIN), bencilaminopurina (BAP), zeatina (ZEA), 2 - isopenteniladenina.

2.2.5 Sustrato

El sustrato es el medio en la que la materia vegetal crea condiciones para su desarrollo, y es indispensable para mantener el calor y la humedad y brindar un buen drenaje para que no permanezca el agua a nivel de las raíces. Un buen medio de enraizamiento debe estar limpio (aunque no necesariamente estéril) húmedo y bien aireado. Si su capacidad de retención de agua es baja se puede mejorar adicionando aserrín, turba, vermiculita u otros materiales (CORECAF 2003).

La mayoría de los sustratos usados en la producción de plantas consisten en una combinación de componentes orgánicos e inorgánicos. Algunos de los materiales inorgánicos comunes incluyen arena, vermiculita, perlita, arcilla calcinada, piedra pómez y otros subproductos minerales. Por otro lado, los componentes orgánicos más populares incluyen: musgo de turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), composta de materia orgánica o desechos de jardinería, polvo de coco, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz, etc. (Iskander 2002).

A. Arena

Se considera como arena todo material inorgánico natural con partículas redondas o anguladas de diámetros comprendidos entre 0.2 y 2.5 mm. La mejor arena a usar es quizá la de río (lavada), aunque se pueden usar con éxito otro

tipo de arenas. La arena mejora la estructura del sustrato, pero aporta peso al mismo (Calderón 2002).

Las arenas son materiales de una baja porosidad, esto supone que sus porcentajes en agua y/o aire no sean elevados, con lo que deben de emplearse volúmenes altos de material para un correcto desarrollo de los cultivos. Estos materiales disminuyen la evaporación, evita el desarrollo de malas hierbas, mejora la aireación de la zona radicular y aumenta la temperatura del sustrato, estas no deben contener elementos nocivos tales como sales, arcillas o plagas. El grano no debe ser grueso. La arena de río, que es la mejor, debe estar limpia para ser utilizada en sustratos (FAO 2009).

B. Abono orgánico

Los abonos orgánicos son sustancias que consisten en desechos animales, vegetales o mixtos que se agregan al suelo para mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos que quedan en el campo después de la cosecha, cultivos de abono verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno), desechos orgánicos de la granja (estiércol, purín) etc. (Borrero 2008)

La calidad de los abonos orgánicos se evalúa por su potencial de vida, no por su contenido de nutrientes medido químicamente. Los abonos orgánicos están constituidos por numerosas sustancias vitales como aminoácidos, hormonas, ácidos (especialmente húmicos y fúlvicos), enzimas y quelantes en general que, como los organismos, liberan lentamente los nutrientes, protegiéndolos de la lixiviación de la lluvia y la erosión. Todas estas sustancias vitales son ignoradas por el análisis químico, que se reduce solo a nitrógeno, fósforo y potasio.

C. Humus

El humus de lombriz, se puede producir dos o tres veces al año, dependiendo de cuánto tiempo demore en descomponerse el sustrato. Este producto producido por la lombriz se considera el mejor fertilizante orgánico porque mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, también puede almacenarse durante mucho tiempo sin cambiar sus propiedades (Escobar 2013).

Si bien todo tipo de fertilización aporta al suelo los nutrientes necesarios, hacerlo con humus de lombriz tiene ventajas adicionales frente a las otras prácticas posibles. Se mencionan a continuación:

- **Mejora la estructura del suelo:** La disponibilidad de nutrientes no es la única propiedad que permite que un suelo sostenga un cultivo, también es importante que el suelo tenga una estructura que promueva la retención de estos nutrientes, el agua y la circulación del aire (Solís *et al.* 2010).
- **Aumenta la microfauna del suelo:** Un gramo de suelo fértil tiene millones de bacterias, hongos y levaduras que transforman sustancias orgánicas e inorgánicas en sus procesos vitales que luego pueden ser fácilmente utilizados por las plantas. El principal ejemplo son las bacterias que fijan el nitrógeno en el aire y lo convierten en nitratos, que es cómo puede ser absorbido por las raíces de las plantas. El humus del gusano enriquece la fauna de la tierra y neutraliza las condiciones extremas que pueden ponerlo en peligro (como la acidez y la salinidad), la fertilización química puede acentuarlos (Solís *et al.* 2010).
- **Facilita la disponibilidad de los nutrientes:** Muchos elementos se encuentran en el humus, ya que son utilizados por las plantas, lo que significa un ahorro de tiempo entre agregar fertilizante e incorporarlo a las plantas. Cuando se agrega sustrato orgánico directamente, es necesario esperar unos días o semanas para que estos nutrientes estén disponibles después de la descomposición (Solís *et al.* 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del lugar de investigación

Este trabajo se realizó en el invernadero de la Municipalidad del distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc del departamento de Cajamarca. Las estacas de *Podocarpus oleifolius* se obtuvieron del bosque ubicado en los caseríos de Huilcate I y Huilcate II, Centro Poblado de Huangamarca, distrito de Bambamarca, a 15 km de la ciudad de Bambamarca, con una extensión de 5201.38 ha y ubicadas geográficamente entre el paralelo 6° 38' 46" de latitud sur y en el meridiano 5° S 78' 27" de longitud oeste, entre los 2550 – 3200 msnm, con temperatura promedio de 17 ° C y una precipitación de 850.0 mm/año. Para acceder a la ciudad de Bambamarca se sigue la carretera asfaltada desde la ciudad de Cajamarca a esta ciudad, con un tiempo promedio de 3 horas, y a una distancia de 112 km (Figura 1).

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

- Estacas de *Podocarpus oleifolius*

3.2.2 Material de campo

- Tijera de podar de mano
- Tijera de podar telescópica
- Receptores GPS
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Zaranda de vivero
- Marcador indeleble
- Papel periódico
- Bolsas plásticas
- Wincha
- Cinta de embalaje

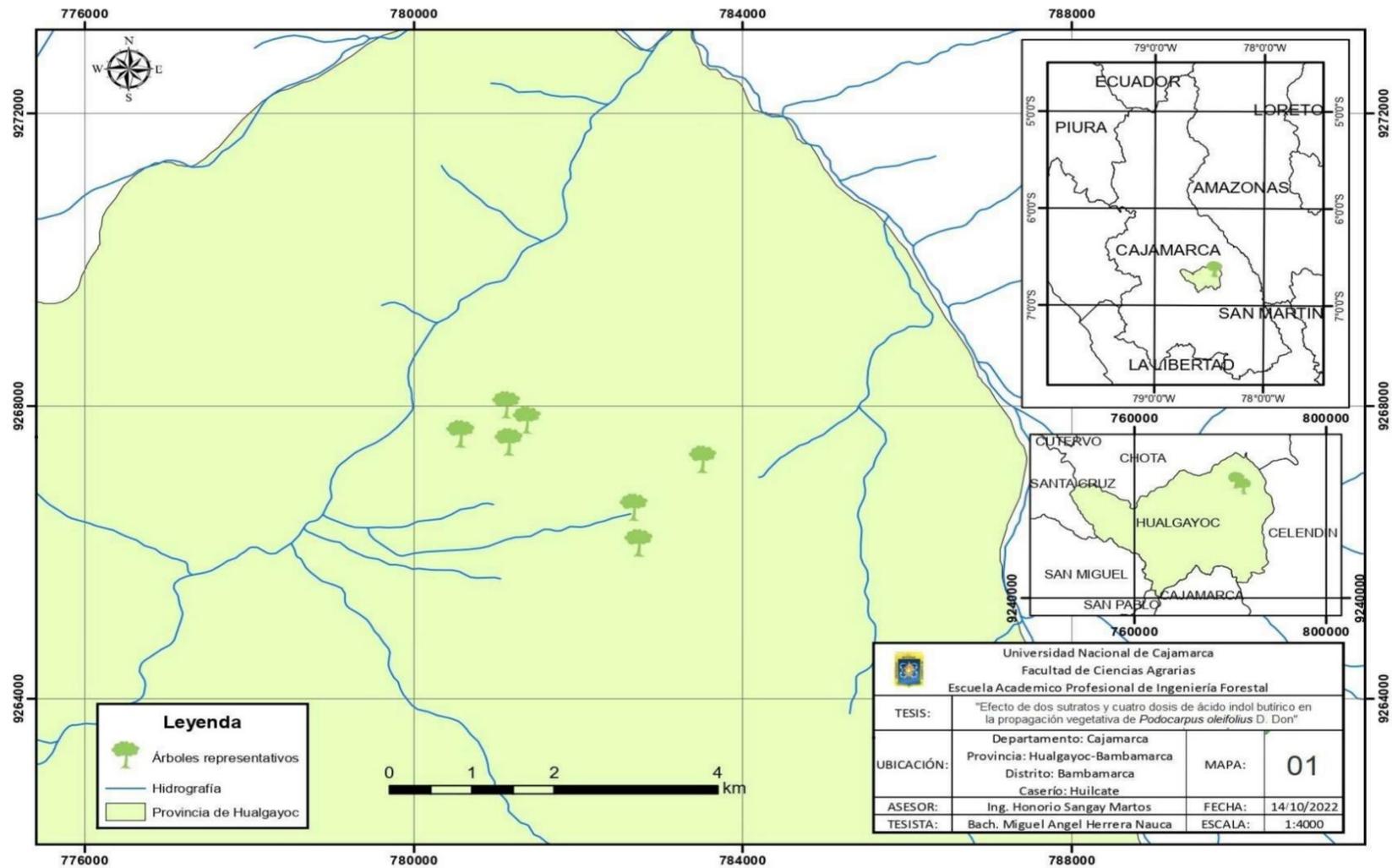


Figura 1. Ubicación de las plantas madres de *Podocarpus oleifolius* de las que obtuvieron las estacas.

3.2.3 Material y equipo de laboratorio

- Guantes
- Bisturí
- Probetas graduadas (50 cc.)
- Recipientes plásticos

3.2.4 Insumos y productos químicos.

- Ácido Indol butírico (IBA)
- Hipoclorito de sodio
- Etanol
- Formol

3.2.5 Sustratos.

- Arena
- Humus
- Tierra de la zona

3.3 Metodología

El trabajo de investigación durante la etapa experimental se realizó durante los meses de julio a diciembre del 2018.

3.3.1 Trabajo de campo

A. Identificación de plantas madre

Para obtener estacas se realizó la identificación y ubicación de 7 árboles que presentaron características fenotípicas deseables tales como: Fuste recto con un DAP de 40 a 80 cm, buen vigor en hojas y libre de agentes patógenos y plagas. A continuación, se presenta las coordenadas de plantas madre (Tabla 1) de las cuales se colectaron el material biológico.



Figura 2. Identificación y localización de los árboles para extraer el material vegetativo.

Tabla 1. Coordenadas de las plantas madres, de las cuales se obtuvieron las estacas.

N° de árbol	Coordenadas UTM (Zona 17)		Altitud (msnm)
1	782727.312 E	9266123.906 N	2980.17
2	782661.214 E	9266614.749 N	3014.97
3	781106.581 E	9267462.031 N	2900.09
4	781148.293 E	9267511.694 N	2920.37
5	781368.856 E	9267805.795 N	2822.44
6	782727.312 E	9266123.906 N	2980.17
7	781117.499 E	9268008.606 N	2788.18

B. Acondicionamiento de la platabanda

Se acondicionó una platabanda de 9.6 m de largo x 1.6 m de ancho x 25 cm de alto, la misma que fue dividida para cada tratamiento; posteriormente, se

procedió a preparar el sustrato, que es el medio donde se instaló el material vegetal a investigar (Fig. 06 y Anexo 2).

C. Preparación y desinfección del sustrato

En esta fase primeramente se obtuvo sustratos de tres tipos: tierra de la zona, humus y arena. La tierra de la zona se obtuvo del área donde predomina esta especie, el humus fue adquirido de un propietario aledaño a la zona, de igual manera la arena de río se obtuvo de una cantera cercana al vivero municipal, este último sustrato, anteriormente fue lavado para su posterior uso en el establecimiento del experimento.



Figura 3. Platabanda de 9.6 m de largo x 1.6 m de ancho x 25 cm de alto.

Con los sustratos obtenidos, se procedió a disponerlos en la platabanda de 9.6 m x 1.6 m x 25 cm de alto, primero se colocó la tierra de la zona, luego el humus con la arena se mezcló en la proporción 1/1 y también fue dispuesto en la platabanda. Se basó en el plano propuesto para la distribución de los tratamientos de acuerdo al diseño experimental que en este caso en DCA para la distribución de sustrato en cada una de las 32 unidades experimentales. El total de sustrato utilizado por unidad experimental fue de 0.12 m^3 y para todo el experimento en las 32 unidades experimentales se utilizó 3.84 m^3 .

Seguidamente, se dejó al sustrato reposar por una semana y se procedió a la desinfección del sustrato con formol al 40 % de concentración, por último, se cubrió con plástico las 32 unidades experimentales, a fin de que el formol actúe desinfectando y eliminando todos los agentes patógenos que pueden ser perjudiciales para el desarrollo del experimento. Se dejó reposar por 21 días, cumplido el tiempo se sacó el plástico y se dejó reposar por 7 días más para luego ser removida a fin de que el sustrato tenga una aireación adecuada, seguidamente se niveló quedando listo para el montaje del experimento.

Para la preparación de la dilución del formol al 40 %, se procedió a mezclar 200 ml de formol para una regadera de 15 litros. En todo el experimento se utilizó 30 litros de solución diluida empleando 2 regaderas para un área de 15.36 m².



Figura 4. Sustrato a base de humus de lombriz.



Figura 5. Mezcla del sustrato humus de lombriz con la arena.



Figura 6. Cernido del sustrato tierra de la zona.

D. Recolección y traslado del material vegetativo

Con tijera de podar de mano y tijera de podar telescópica se extrajeron ramas de los árboles identificados para luego obtener un total de 640 estacas de aproximadamente 18 cm de longitud, que estuvieron libres de patógenos y con buen vigor.

Se cortaron las ramas considerando que presenten alto vigor, rectas y libre de patógenos, haciendo dos tipos de corte: en la base un corte en bisel, cuya finalidad es obtener una mayor área basal y para luego ser instaladas en la cama de repique acondicionada.



Figura 7. Recojo y traslado del material vegetativo.

E. Desinfección de material

Las estacas seleccionadas se lavaron con agua para desprenderlos de impurezas luego para su desinfección se sumergieron en alcohol al 20 % durante un minuto. Después de este proceso, los esquejes fueron sumergidos en cada concentración de AIB por un tiempo de 12 horas.



Figura 8. Lavado de estacas.



Figura 9. Preparación de la solución alcohol al 20 %.

F. Aplicación del AIB en las estacas de *Podocarpus oleifolius*

Se utilizó ácido indol butírico como estimulante de enraizamiento en 3 concentraciones diferente 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm y un testigo con 0 ppm. Las estacas seleccionadas se sumergieron en las soluciones durante un lapso de tiempo de 12 horas para permitir la absorción de la solución.



Figura 10. Estacas en las soluciones de ácido Indol butírico.

G. Instalación de las estacas en las platabandas

- **Clasificación de estacas**

Para cada unidad experimental se procedió a clasificar y elegir 20 estacas, las cuales debían tener los mismos espesores y tamaños y estos tenían que estar desinfectados y libres de impurezas, para toda la platabanda se necesitó un total de 640 estacas.

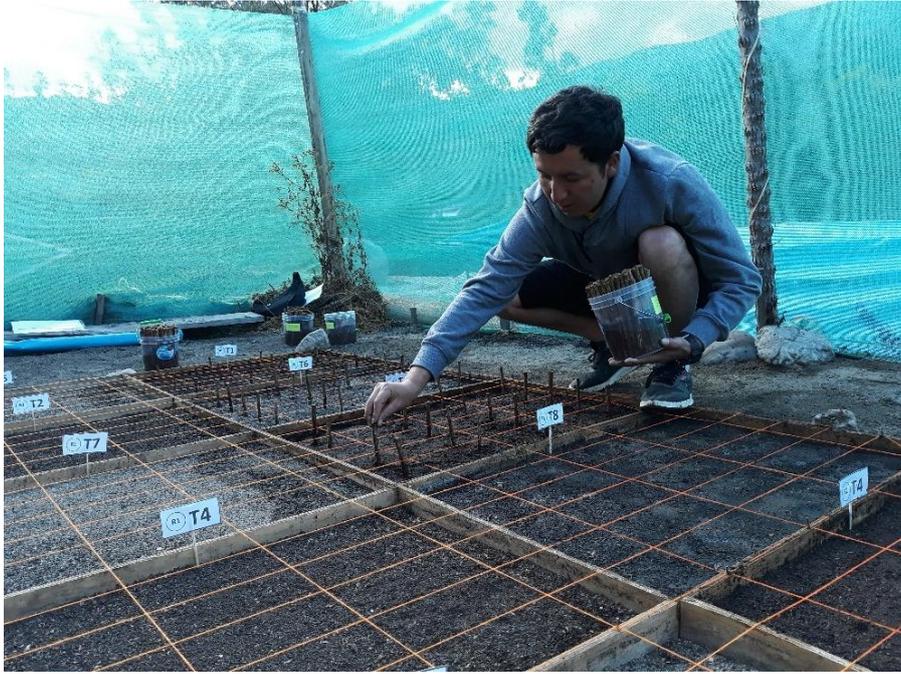


Figura 11. Instalación de las estacas en cada unidad experimental.

- **Distanciamiento de las estacas**

En cada unidad experimental se procedió a plantar 20 estacas, el área de cada unidad experimental fue de 0.80 x 0.60 x 0.25 cm, colocándose las estacas a un distanciamiento de 10 x 20 cm, a una profundidad de 6 cm en el sustrato.



Figura 12. Tendido de cordel para obtener un distanciamiento exacto.

- **Riego**

Después de la instalación de las estacas, los riegos se realizaron cada dos días, y para mantener la humedad necesaria de los mismos para el enraizamiento.



Figura 13. Riego de las 32 unidades experimentales.

- **Labores culturales**

Entre las principales labores silviculturales ejecutadas fueron los desyerbos, siendo estos los más notorios en la tierra de la zona ya que viene con pequeñas semillas.



Figura 14. Deshierbo de las platabandas.

H. Evaluación y monitoreo del enraizamiento de estacas

- **Número de raíces**

Para la evaluación del número de raíces de las estacas se procedió a contar cada planta. No todas las estacas desarrollaron raíces, algunas de ellas solo alcanzaron desarrollar un callo.



Figura 15. Número de raíces en estacas de *Podocarpus oleifolius*.

- **Longitud de raíces**

La longitud fue medida con una regla milimetrada, seguidamente cada medida fue anotada para que posteriormente sea procesada en una hoja de cálculo Excel (Fig. 16).



Figura 16. Medición de la longitud de las raíces.

- **Número de brotes**

De cada estaca sobreviviente se contó el número de brotes, cabe mencionar que las estacas sobrevivientes contaban con brotes muy tiernos y brotes ya formados, si fuera el caso de una estaca con más de un brote se contó por separado y se sacó un número promedio de brotes (Fig. 17).



Figura 17. Conteo de brotes en estacas de *Podocarpus oleifolius*.

- **Longitud de brotes**

Para la evaluación de esta variable se midió la longitud con una regla milimétrica con la cual se procedió a medir los brotes y cada medida se anotó para que posteriormente sean procesados en una hoja Excel.



Figura 18. Evaluación de la longitud de brote.

- **Número de hojas**

En esta variable se contó el número de hojas por brote de cada estaca, en el caso de dos a más brotes se contó por separado para luego calcular el promedio de hojas (Fig. 19).



Figura 19. Conteo del número de hojas.

- **Número de callos**

Para esta variable se contó el número de callos, cabe mencionar que en la base se encontró más de un callo presente, así como en el tallo, también se calculó un promedio por cada estaca prendida (Fig. 20).



Figura 20. Conteo del número de callos.

- **Longitud del tallo**

Para evaluar esta variable se tomó una regla milimetrada y se procedió a medir la longitud de cada estaca.



Figura 21. Medición de la longitud del tallo

- **Supervivencia**

En esta variable se contabilizó los esquejes vivos o sobrevivientes por unidad experimental y tratamiento. Los resultados obtenidos se presentaron en porcentajes y la evaluación final se dio al cabo de 6 meses de la instalación.



Figura 22. Conteo de estacas vivas por unidad experimental.

3.3.2 Diseño experimental

Considerando al sustrato y al ácido indol butírico como los dos factores en estudio y la combinación de los niveles de los factores como los tratamientos, se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de 2S X 4A y 4 repeticiones por cada tratamiento.

Tabla 2. Factores, niveles, y tratamientos en estudio.

FACTORES	NIVELES	TRATAMIENTOS	CLAVE
Sustrato	S1: Tierra de la zona S2: Arena y humus	Tierra de la zona más 0 g/l	T1
		Tierra de la zona más 0.250 g/l	T2
		Tierra de la zona más 0.500 g/l	T3
		Tierra de la zona más 0.750 g/l	T4
Ácido indol butírico	A0: 0.0 g/l A1: 0.250 g/l A2: 0.500 g/l A3: 0.750 G/l	Arena y humus más 0 g/l	T5
		Arena y humus más 0.250 g/l	T6
		Arena y humus más 0.500 g/l	T7
		Arena y humus más 0.750 g/l	T8

Procesamiento de datos

Los datos recolectados, fueron ordenados en una hoja de cálculo de Excel, seguidamente, se realizó el procesamiento, interpretación y análisis de los resultados. La prueba estadística empleada fue el análisis de varianza (ANOVA), la cual permitió determinar si existe significación estadística para los factores en estudio, así como también de la interacción de los mismos. Si el ANOVA determina significación se aplica una prueba de comparación de medias (Prueba de rango múltiple) de Tukey al 5 % de probabilidad. El procesamiento de datos se realizó con el paquete estadístico infostat.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables evaluadas sobre el enraizamiento de estacas de *Podocarpus oleifolius* D. Don

4.1.1 Análisis de varianza para el número de raíces

En el análisis de varianza para el número de raíces (Tabla 3) no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato con ácido indol butírico (S*IBA), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.8144) es mayor al 0.05 (5 %), este resultado indica que el número de raíces no está afectado por la interacción de los factores, es decir, que en cualquiera de los dos sustratos y con la adición de cualquier de las tres concentraciones, se obtuvieron resultados iguales respecto al número de raíces.

En la Figura 23, se observa que el mayor número de raíces se obtuvo en tierra de agrícola y arena con humus, con adición de ácido indol butírico en concentración de 0.250 ppm, cuyo promedio fue de 3 raíces. La variación del número de raíces posiblemente se debe a que algunas estacas de *Podocarpus oleifolius*, contienen más reservas de su propio material auxínico almacenado, después de ser extraídos del árbol donante. Al respecto, Martínez, citado por Yepes (2016) menciona que por lo general las estacas presentan la capacidad de producir raíces en una parte separada del árbol madre. El cambium emite primero un callo de cicatrización para después producir un nuevo crecimiento de células, que en este caso al estar enterradas y húmedas generan raíces. Este proceso se da gracias a la capacidad que poseen las células vegetales vivas de regenerar la estructura nueva de la planta.

Peralta (2011) quien evaluó el efecto de ácido Indol butírico en el enraizamiento de *Pinus oocarpa Schiede*, determinó que no genera efectos significativos en el número de raíces, este antecedente corrobora nuestros resultados, al indicar que el AIB no presenta efecto para el número de raíces. Por otro lado, Quintero y Toro (2007) indican el enraizamiento *Podocarpus oleifolius* presenta un mejor desarrollo en tierra que en arena.

Tabla 3. Análisis de varianza para el número de raíces.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.1	1	0.1	2.36 ns	0.1379
IBA	0.25	3	0.08	1.88 ns	0.1594
S*IBA	0.04	3	0.01	0.31 ns	0.8144
Error	1.07	24	0.04		
Total	1.47	31			

No significativo (ns)

CV = 13.93 %

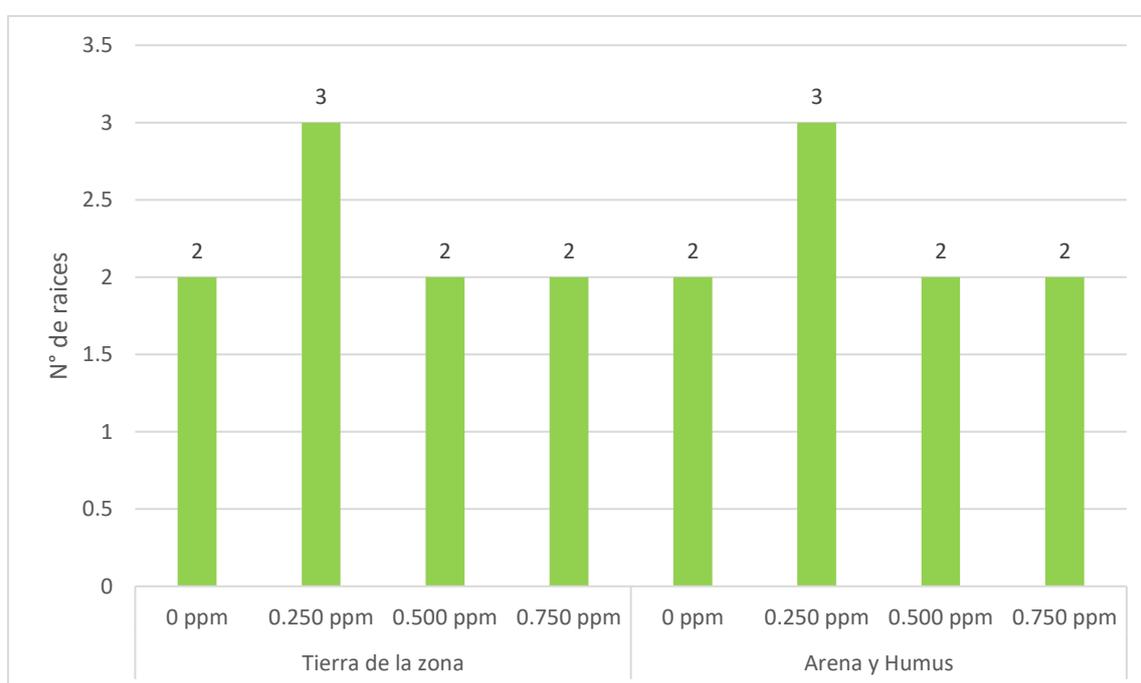


Figura 23. Promedio del número de raíces.

4.1.2 Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíces (cm)

En la Tabla 4, se observa que no existe significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), dado que el valor de significación (p-valor = 0.1475) es mayor al 0.05 (5 %). En la misma tabla se observa significación para el ácido indol butírico, dado que el valor de significación para este factor es menor al 0.05 (5 %), esto indica que las diferentes concentraciones de ácido generan diferencias significativas en las longitudes de raíces, es decir, que el ácido influye significativamente en el desarrollo de las raíces.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido IBA en la longitud de raíces (Tabla 4 y Figura 24), se observa que el resultado obtenido con 0.250 ppm (8.14 cm) es estadísticamente superior al resto de resultados, seguido está el resultado obtenido con 0.750 ppm (7.18 cm). Con 0.500 ppm y sin ácido se obtuvieron longitudes de 5.95 y 6.43 cm, respectivamente. Estos resultados indican que el ácido indol butírico influye en el desarrollo de las raíces, dado que esta fitohormona estimula el alargamiento celular o su depresión según la concentración, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido (Hartmann y Kester, 1998).

En la Figura 24, se observa la longitud de raíces obtenidas en cada sustrato, la mayor longitud (8.93 cm) se obtuvo en tierra de la zona con 0.750 ppm, y en arena y humus la mayor longitud (7.90 cm) se encontró sin ácido. Los resultados demuestran que en tierra de la zona se encontró el mayor resultado, esto debido a que este sustrato presenta mayor disponibilidad de nutrientes que la arena, además presenta una estructura que favorece el enraizamiento de *P. oleifolius* Yépez (2016), quien evaluó el enraizamiento de *Podocarpus oleifolius*, indica que en tierra la longitud de raíces (7 cm) es mayor que en arena (4 cm), estos resultados son semejantes a los reportados en esta investigación, dado que en tierra de la zona se encontró la mayor longitud de raíces. Por otro lado, Hernández (2006), en una mezcla de tierra de monte con arena de río tratada en proporción 50:50, encontró la mayor longitud (2.90 cm), esto probablemente se debe a la mezcla de sustrato, dado que la arena también puede permitir el enraizamiento con facilidad.

Tabla 4. Análisis de varianza para la longitud de raíces (cm).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.01	1	0.01	0.03 ns	0.8703
IBA	2.49	3	0.83	3.32 *	0.0368
S*IBA	1.46	3	0.49	1.96 ns	0.1475
Error	5.97	24	0.25		
Total	9.93	31			

No significativo (ns), significativo (*).

CV = 19.31 %

Tabla 5. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido IBA en la longitud de raíces.

Concentraciones de AIB (ppm)	Prom. Longitud de raíces (cm)	Significación al 5 %
0.250	8.14	A
0.750	7.18	B
0	6.43	C
0.500	5.95	C

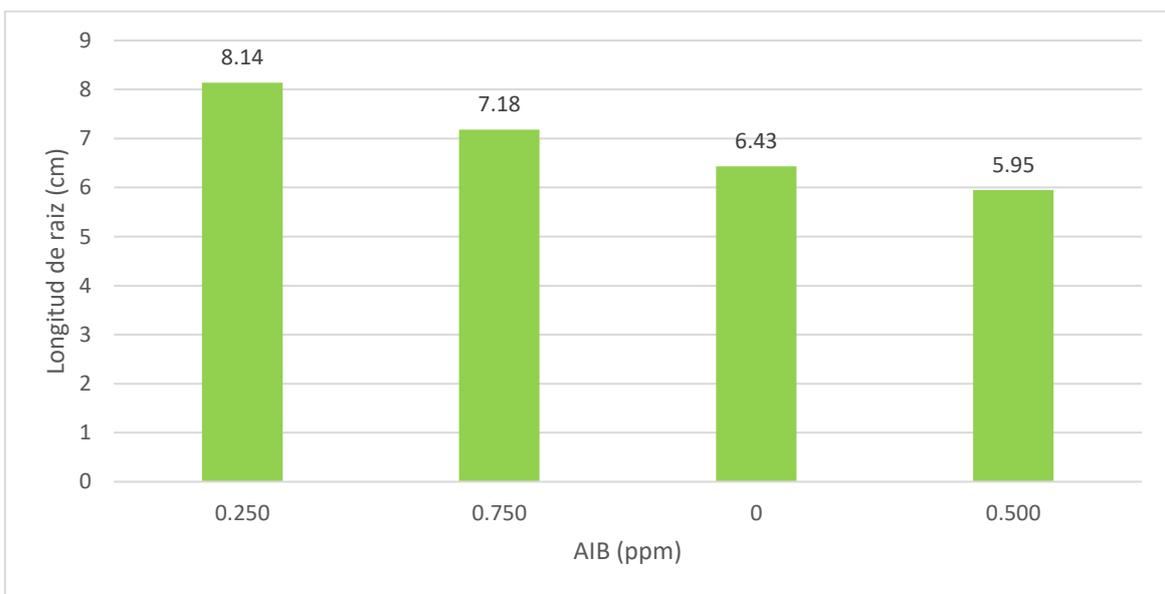


Figura 24. Longitud de raíces obtenida con cada concentración de ácido indol butírico.

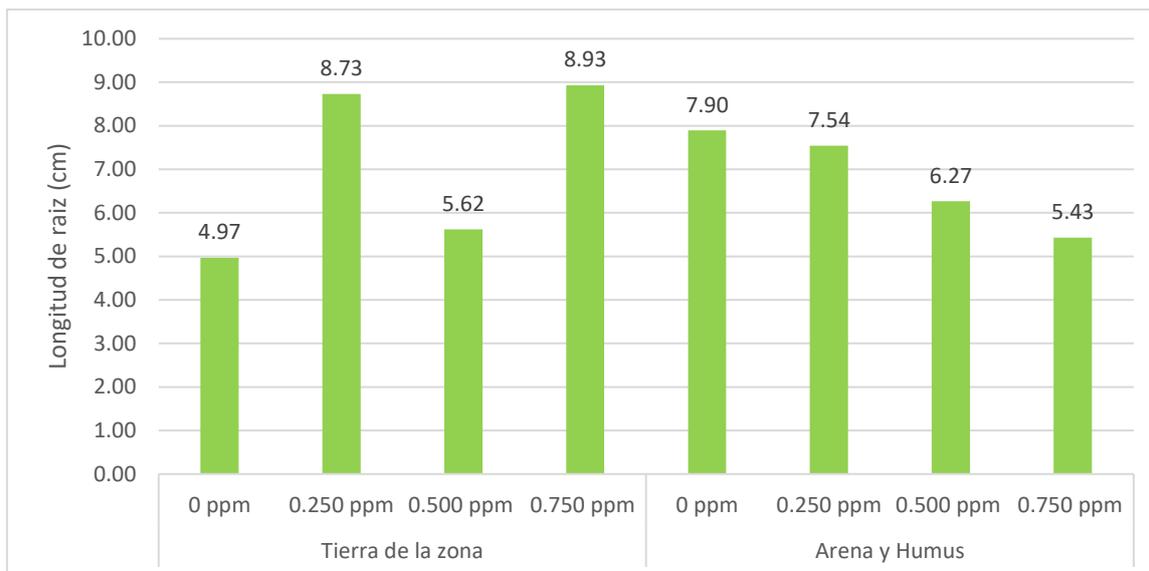


Figura 25. Promedio longitud de raíces obtenidas con cada tratamiento.

4.1.3 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de brotes

En la Tabla 6, se evidencia que no existe significación estadística para la interacción de los factores S*IBA, de igual manera para los efectos de cada factor, dado que para cada caso el valor de significación (p-valor) es mayor al 0.05 %. Estos resultados indican que el número de brotes, los cuales son producto de los propios esquejes; más no al IBA, ni al tipo de sustrato o a la interacción de los mismos, sino gracias a la capacidad de los vegetales que poseen las células vivas que regeneran sus estructuras aun fuera de la planta madre Martínez, citado por Yepes (2016).

En la Figura 26, se observa el número de brotes obtenidos con cada tratamiento, el mayor número se obtuvo en tierra de la zona con 0.750 ppm (3 brotes), en arena y humus el mayor número se encontró sin ácido (3 brotes).

Los resultados obtenidos presentan similitud con el estudio realizado por Galárraga (2013), quien buscó la multiplicación de *Podocarpus oleifolius* aplicando AIB y BAP, según el análisis se determinó que ambas fitohormonas no presentaron efectos significativos, sin embargo, el promedio de brotes fue de 3 por estaca. Esto indica que el rebrote se debe a la estaca, ya que en esta investigación no se encontró efecto del ácido indol butírico.

Tabla 6. Análisis de varianza para el número de brotes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.0041	1	0.0041	0.12 ns	0.7372
IBA	0.29	3	0.1	2.66 ns	0.0714
S*IBA	0.08	3	0.03	0.7 ns	0.5602
Error	0.86	24	0.04		
Total	1.23	31			

No significativo (ns).

CV = 12.33 %

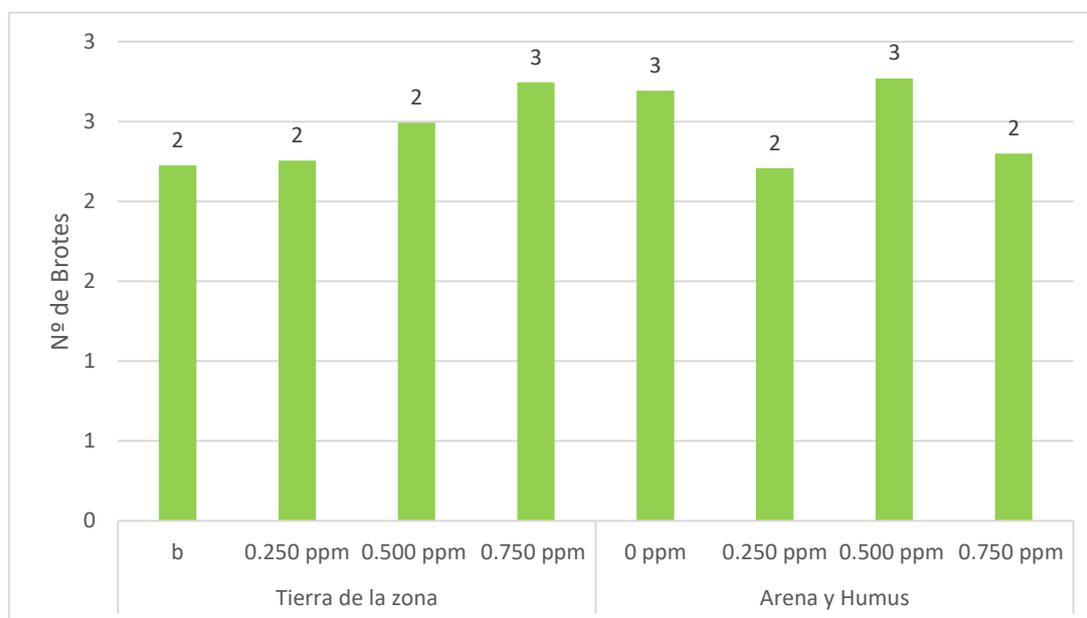


Figura 26. Promedio del número de brotes obtenido con cada tratamiento

4.1.4 Análisis de varianza para la longitud de brote (cm)

En el análisis de varianza para la longitud de brotes (Tabla 7), no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.1475) es mayor al 0.05 (5 %), este resultado indica que la longitud de brotes no está afectada por la interacción (efecto combinado de los factores). Para los efectos independientes del sustrato no se encontró significación estadística, y para el ácido indol butírico

se encontró significación estadística, dado que el valor de significación para este factor es menor al 0.05 (5 %).

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido indol butírico en la longitud de brotes (Tabla 7 y Figura 27), se observa que el resultado obtenido sin ácido (5.13 cm) es estadísticamente superior al resto de resultados. Con la aplicación del ácido a 0.500 ppm, 0.250 ppm y 0.750 ppm se obtuvieron longitudes de 4.12 cm, 3.86 cm y 3.66 cm, respectivamente, estos resultados son estadísticamente iguales e inferiores al primero. Estos resultados evidencian que a mayor concentración de ácido indol butírico, se obtiene menor longitud de brotes. Al respecto, Hartmann y Kester (1998) mencionan que por lo general concentraciones relativamente bajas estimulan procesos biológicos de la planta, en cambio las muy altas lo inhiben, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido (Hartmann y Kester 1998).

En la Figura 28 se observa que la mayor longitud de raíces con tierra de la zona, se encontró sin la aplicación de ácido (4.78 cm), y con arena y humus la mayor longitud fue sin ácido (5.48 cm). Estos resultados indican que la longitud de los brotes puede deberse mayormente al propio material vegetativo, debido a que sin la necesidad de ácido indol butírico se obtiene el mayor desarrollo de brotes.

Galárraga (2013), menciona que en la etapa de establecimiento *in vitro* con el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) sin suplemento de ácido indol butírico, obtuvo los mejores resultados respecto al desarrollo de segmento apical, siendo este resultado el más alto en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 7. Análisis de varianza para la longitud de brotes (cm).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.01	1	0.01	0.06 ns	0.8124
IBA	1.73	3	0.58	3.39 *	0.0343
S*IBA	0.06	3	0.02	0.12 ns	0.948
Error	4.1	24	0.17		
Total	4.73	31			

No significativo (ns).

CV = 20.55 %

Tabla 8. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido indol butírico en la longitud de brote.

Concentraciones de AIB (ppm)	Prom. Longitud de raíz	Significación al 5 %
0	5.13	A
0.500	4.12	B
0.250	3.86	B
0.750	3.66	B

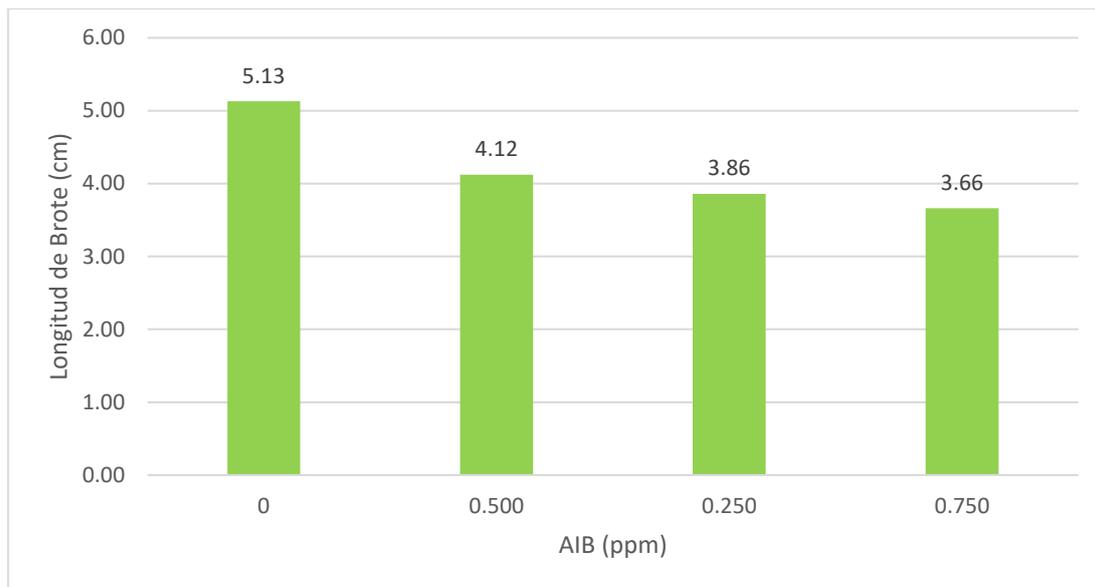


Figura 27. Promedio de la longitud de brotes por efecto del ácido indol butírico.

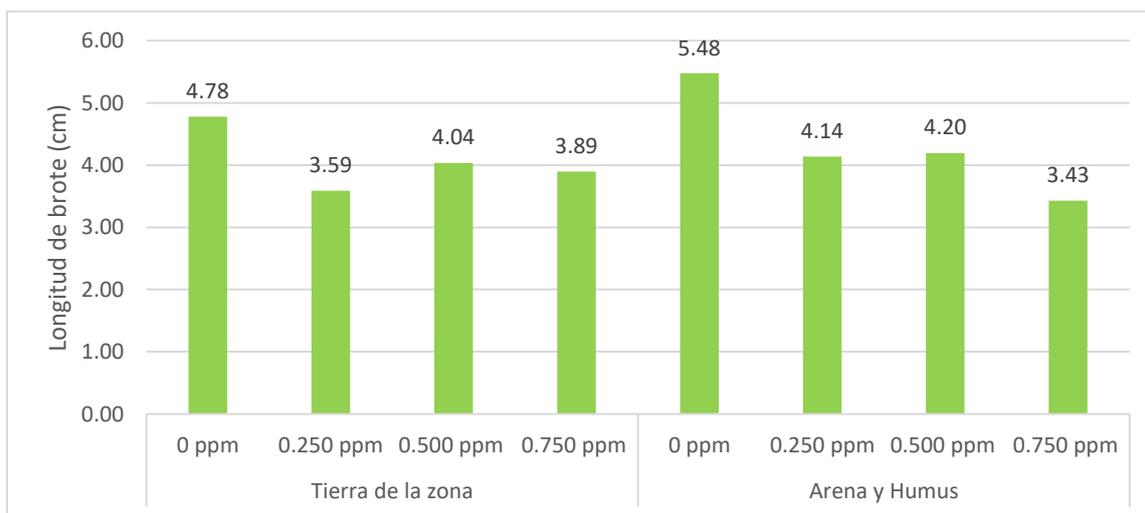


Figura 28. Promedio longitud de brotes obtenidos con cada tratamiento.

4.1.5 Análisis de varianza para el número hojas

En la Tabla 9 no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), de igual manera, no se encontró significación estadística para los efectos de cada factor, dado que el valor de significación para cada fuente es mayor al 5 %. Estos resultados indican que las hojas encontradas en cada esqueje son producto de las yemas.

En la Figura 29, se observa que el mayor número de hojas en tierra de la zona, se encontró en combinación con 0.750 ppm (11 hojas), y con arena y humus el mayor resultado se encontró con 0.500 ppm (10 hojas).

Tabla 9. Análisis de varianza para el número de hojas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.5	1	0.5	0.32 ns	0.5762
IBA	1.78	3	0.59	0.38 ns	0.7689
S*IBA	1.4	3	0.47	0.3 ns	0.8266
Error	37.5	24	1.56		
Total	41.17	31			

No significativo (ns).

CV = 46.24 %

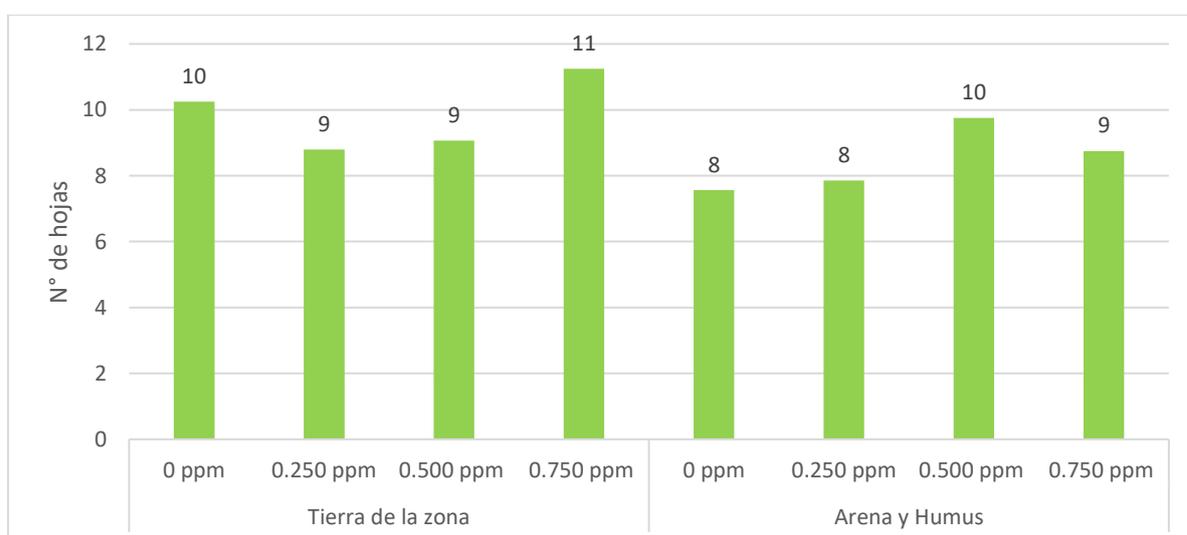


Figura 29. Promedio del número de hojas obtenidos en cada tratamiento.

4.1.6 Análisis de varianza para el número callos

En el análisis de varianza para el número de callos (Tabla 10), no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), dado que el valor de significación (p-valor = 0.8072) es mayor al 0.05 (5 %), este resultado indica que el número de callos no está afectado por la interacción de los factores. Para los efectos independientes del sustrato y el ácido indolbutírico no se encontró significación estadística, dado que el valor de significación para cada uno de ellos es mayor al 0.05 (%). Estos resultados indican que el número de callos se debe a las estacas de *Podocarpus oleifolius* utilizadas para la investigación, esto gracias a la capacidad que tiene la planta para poder regenerarse aun no estando en la planta madre.

En la Figura 30, se observa que el mayor número de callos (masas de célula visibles) con tierra de la zona, se encontró con 0.250 ppm (11 callos), y con arena y humus se encontraron resultados semejantes en casi todas las combinaciones, obtenido un promedio de 4 callos. Estos resultados indican, que tanto el sustrato como el ácido indol butírico no estimulan significativamente la formación de callos en las estacas de *Podocarpus oleifolius*.

Yépez (2016) menciona que la formación de callo se debe a la especie, además en su investigación, al utilizar esquejes basales de 20 a 25 cm obtuvo la mejor formación del callo. Por otro lado, Quintanilla, 2007, citado por Jácome (2012), indica que la formación del callo se atribuye al efecto de las auxinas en la estimulación de la división celular que en forma combinada con las citoquininas promueven la disolución de tejidos en grupos celulares.

Tabla 10. Análisis de varianza para el número de callos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	0.16	1	0.16	3.37 ns	0.0787
IBA	0.23	3	0.08	1.55 ns	0.2278
S*IBA	0.05	3	0.02	0.33 ns	0.8072
Error	1.17	24	0.05		
Total	1.6	31			

No significativo (ns).

CV = 10.83 %

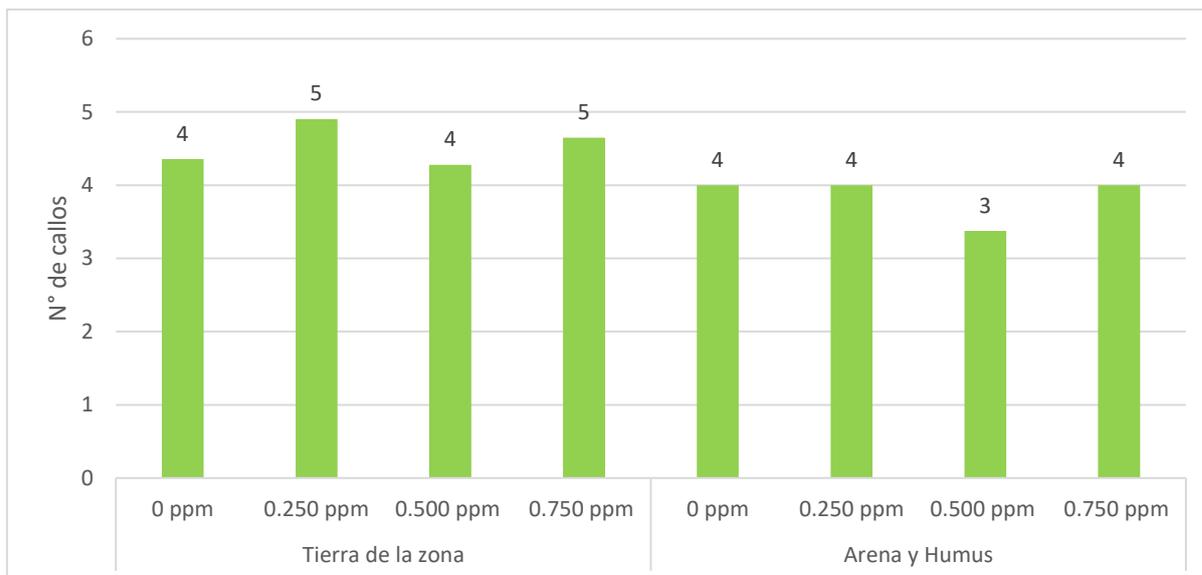


Figura 30. Promedio del número de callos obtenidos en cada tratamiento.

4.1.7 Análisis de varianza para la supervivencia de las estacas

En el análisis de varianza para la supervivencia (Tabla 11) se evidencia que existe significación estadística para el ácido indol butírico y el sustrato, dado que para cada fuente el valor de significación (p-valor) es menor al 5 %. Este resultado indica que la supervivencia de las estacas, está afectada significativamente por los diferentes niveles de cada factor, es decir, que, al utilizar solo ácido indol butírico en diferentes concentraciones, se encuentran diferentes resultados, de igual manera pasa con el tipo de sustrato.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del sustrato en el porcentaje de supervivencia (Tabla 12 y Figura 31), se observa que con tierra de la zona se encontró 51 % de supervivencia, este resultado es estadísticamente superior al que se encontró con arena y humus, cuyo porcentaje de supervivencia fue de 41 %. Estos resultados indican que las estacas de *Podocarpus oleifolius* prenden con mayor facilidad en la tierra de bosque dado que este sustrato le proporciona mejores condiciones para su prendimiento.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido indol butírico en el porcentaje de supervivencia (Tabla 13 y Figura 32), se observa que con las diferentes concentraciones de ácido indol butírico (0.500 ppm, 0.250 ppm y 0.750 ppm) los resultados obtenidos (51%, 49 % y 45 %, respectivamente).

respectivamente), son estadísticamente iguales. El porcentaje de supervivencia obtenido sin la aplicación de ácido (40 %), es estadísticamente menor al resto. Estos resultados indican que el ácido favorece al prendimiento de los esquejes, la concentración con la cual se encontró mayor prendimiento fue con 0.500 ppm, cuyo resultado fue 51 %.

Los datos encontrados tienen similitud con los estudios realizados por Hernández (2006) quien menciona que el mejor tratamiento para la propagación vegetativa con estacas de *Podocarpus richiei*, es una mezcla de tierra de monte con arena de río tratada en proporción 50:50, obteniendo el valor más alto con un 51.85 % de supervivencia.

Tabla 11. Análisis de varianza para el porcentaje de supervivencia (%).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Sustrato (S)	657.03	1	657.03	11.96 **	0.002
IBA	527.34	3	175.78	3.20 *	0.0414
S*IBA	433.59	3	144.53	2.63 ns	0.0732
Error	1318.75	24	54.95		
Total	2936.72	31			

No significativo (ns). Significativo (*)

CV = 16.08 %

Tabla 12. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del sustrato en el porcentaje de enraizamiento.

Sustrato	Supervivencia (%)	Significación al 5 %
Tierra de la zona	51	A
Arena y humus	42	B

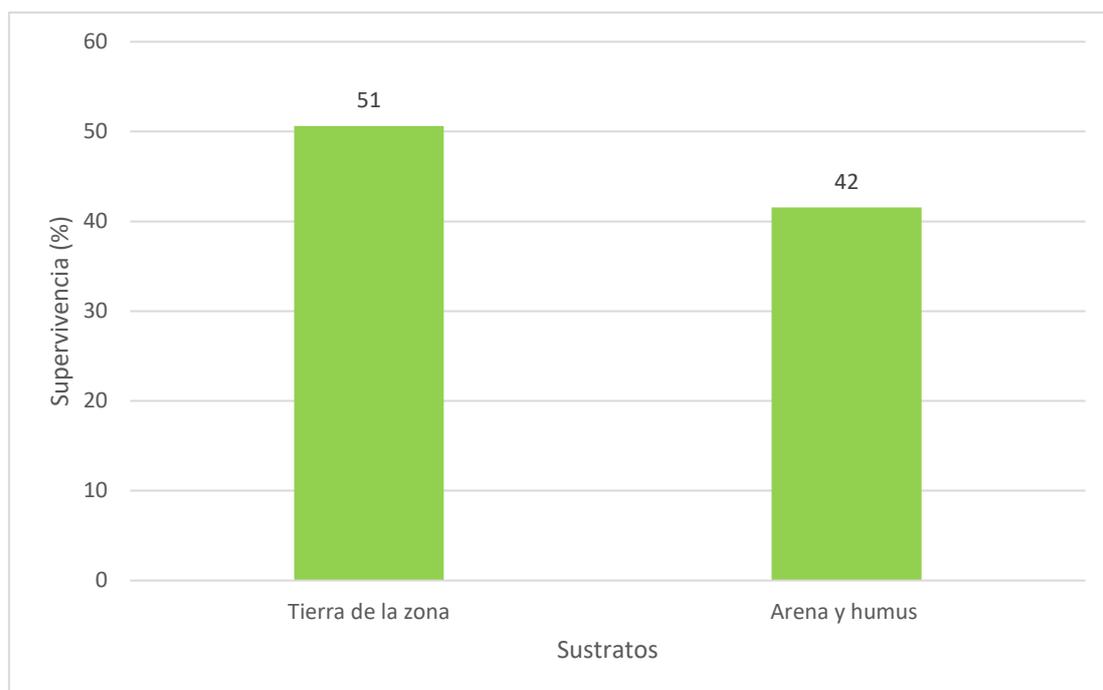


Figura 31. Porcentaje de supervivencia por efecto de sustrato.

Tabla 13. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del ácido indol butírico en el porcentaje de enraizamiento.

Concentraciones de AIB (ppm)	Supervivencia (%)	Significación al 5 %
0.500	51	A
0.250	49	A
0.750	45	A
0	40	B

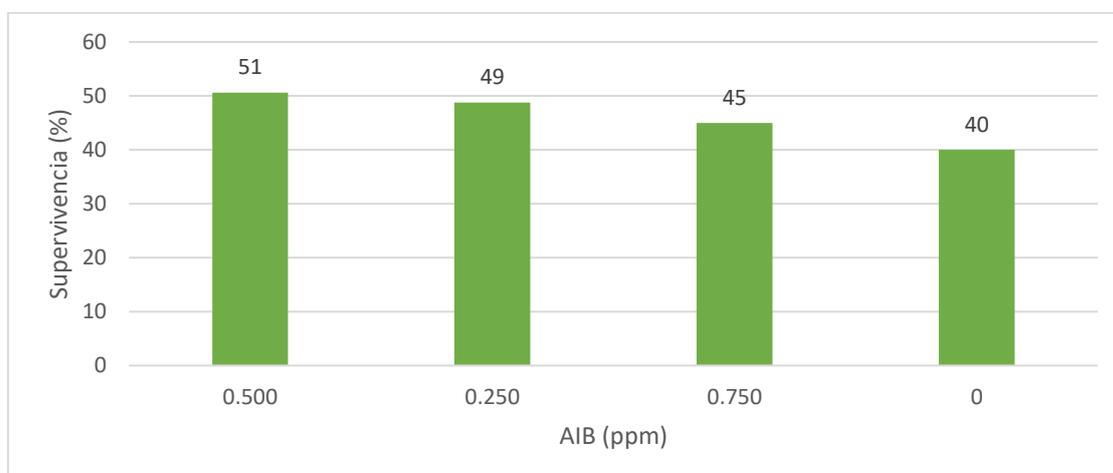


Figura 32. Porcentaje de supervivencia por efecto del ácido indol butírico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el número de raíces de *Podocarpus oleifolius*, no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), ni para los efectos independientes del sustrato y ácido indol butírico. El mayor número de raíces se obtuvo en tierra de la zona con 250 ppm, y con arena y humus con 250 ppm, cuyo promedio fue de tres pelos radiculares.
- Para la longitud de raíces de *Podocarpus oleifolius*, se encontró significación estadística para los efectos independientes del ácido indol butírico. Los mayores resultados se obtuvieron con 0.250 ppm (8.14 cm), seguido del resultado obtenido con 0.750 ppm (7.18 cm). Con 0.500 ppm y sin ácido se obtuvieron longitudes de 5.95 y 6.43 cm, respectivamente.
- Para el número de brotes, no se encontró significación estadística para la interacción del sustrato por ácido indol butírico (S*IBA), ni para los efectos independientes de cada factor, el mayor número se obtuvo en tierra de la zona con 0.750 ppm (3 brotes), en arena y humus el mayor número se encontró sin ácido (3 brotes). Para la longitud de brotes se encontró significación para el ácido indol butírico, y se encontró el mejor resultado (5.13 cm) sin ácido, con la aplicación del ácido a 0.500, 0.250 y 0.750 ppm se obtuvieron longitudes de 4.12 cm, 3.86 cm y 3.66 cm, respectivamente, estos resultados son estadísticamente iguales.
- Para la supervivencia de las estacas, se encontró significación estadística los efectos independientes de cada factor, con el sustrato se observa que con tierra de la zona se encontró 51 % de supervivencia, y con arena y humus 41 %. Por efecto del ácido indol butírico, se encontraron los mejores resultados con 0.500 ppm, cuyo porcentaje de supervivencia es de 51 %, mientras que sin la adición de ácido indol butírico se encontró el 40 %.
- Se recomienda utilizar otros ensayos de enraizamiento con ácido indol butírico en concentraciones inferiores a las 0.250 ppm, dado que a dosis superiores estaría afectando a la longitud de brotes como a la longitud de raíces.

- Realizar estudios de enraizamiento de esquejes utilizando las mismas dosis propuestas en este estudio.
- Realizar estudios de enraizamiento de estacas provenientes de individuos jóvenes y de rebrotes.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara-Cortes, JS; Acero Godoy, A; Alcántara Cortés, JD; Sánchez Mora, RM. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova* 32:119 – 129.

Almendares, JY. 2006. Enraizamiento de rebrotes de *Pinus oocarpa* Schiede en diferentes sustratos, utilizando diferentes concentraciones de ácido indol-butírico (AIB) y Rootex (en línea). Tesis Ing. For. Honduras. 96 p. Consultado 8 jun 2009. Disponible en: http://www.google.com.gt/search?hl=es&q=enraizamiento+de+rebrotes+de+pinus+oocarpa+con++%C3%A1cido+indol++but%C3%ADrico&btnG=Buscar&meta=lr%3Dlang_es

Álvarez, G. 1994. Guía práctica para la propagación de plantas superiores. INIAP – UNL. 10 p.

Borrero, CA. 2008. Institución educativa La Torre Gómez del Municipio del El Retorno Guaviare Colombia. 2008, (en línea). Consultado el 23 de setiembre del 2019. Disponible en: http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm

Campos, L. 2009. Diversidad de especies en la región selva. Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el Noreste de la Amazonia Región Loreto. UNALM. Perú. 126 p.

Cantillo, R; Igarza, J; Ochoa, A. 2011. Propagación in vitro de plantas de *Pinus cubensis* Griseb. Centro de investigaciones y servicios ambientales y tecnológicos. Laboratorio biotecnología vegetal. Holguín - Cuba. 13 p.

Castillo, M; Cueva, D; Aguirre, N y Günter, S. 2007. Propagación Vegetativa de Dos Especies de la Familia Podocarpaceae. *Revista bosques latitud cero* 3: 3-5.

Castillo, ML y Cueva, DM. 2006. Propagación a Nivel de Invernadero y Estudio de Regeneración Natural de dos Especies de *Podocarpus* en su Hábitat Natural. Tesis Ingeniero Forestal. Loja. Ecuador. UNL. 181 p.

Calderón, F. 2002. La cascarilla de arroz "caolinizada." (en línea). Bogotá, CO. Consultado 26 de setiembre del 2019. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/>

[Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm)

CORECAF (Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros, EC). 2003. Historia del café en el Ecuador. (en línea). Consultado el 23 setiembre del 2019. Disponible en: <http://www.corecaf.org/interna.php?IDPAGINA=26&TIPOPAS=Tips>

Cueva Solís, JS. 2007. Efecto del ácido indol-3-acético (AIB) para incrementar la producción de raíces comerciales en yuca (*Manihot esculenta*) 'Valencia'. Ing. Agrónomo, Zamorano, Honduras.

Escobar, A. 2013. Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz (en línea). Consultado el 26 de setiembre del 2019. Disponible

en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/936/1/usos_potenciales_humus_abono_organico_lixiviado_solido_empresa_fertilombriz.pdf

Galárraga, ME. 2013. Establecimiento de un Protocolo de Desinfección, Inducción y Multiplicación In Vitro a partir de Segmentos Apicales de Plantas Juveniles de *Podocarpus oleifolius*. Ingeniera en Biotecnología. Sangolquí. EC. Escuela Politécnica del Ejército. 114 p.

Galarraga, M; Hidrobo, J; Soria, N; Guia, J. 2015. Establecimiento y multiplicación in vitro de *Podocarpus oleifolius* D. Don. Rev. Biotecnologia Vegetal 15 (2): 67 – 74. Consultado el 14 de abril de 2019. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/download/12/10>

Gálvez, J; Sánchez, O; Aguirre, Z. 2003. Sistematización de la información de las Podocarpaceas existentes en el Ecuador. Univiersidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Herbario "Reinaldo Espinoza". Loja – Ecuador. 150 p.

Hernández, T. 2006. Propagación vegetativa de *Podocarpus reichei* Bucch, por medio de estacas, bajo condiciones de invernadero en Chapingo. Tesis para obtener título de Ingeniero Forestal. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 47 p.

Iskander, R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. Department of Horticultural Sciences. (en línea). Texas, US. Consultado el 28 feb. 2013. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06.pdf>

Jácome, J. 2012. Establecimiento, introducción y evaluación a callogénesis in vitro de meristemas apicales de árboles jóvenes de romerillo (*Podocarpus oleifolius*) como futura estrategia de conservación de la especie en el distrito metropolitano de Quito. Tesis para obtención título de Ingeniero en Biotecnología. Quito, EC. 74 p.

Jara, L; Ordoñez, G. 2000. Manejo de semillas y viveros forestales. Quito, Ecuador. 15 p.

Hartmann, H. y Kester, D. 1994 "Propagación de plantas, principios y prácticas". México: Editorial Continental. S.A.

Lojan, L. 1992. El verdor de los Andes: Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. FAO, Proyecto de desarrollo forestal participativo en los Andes. Ecuador - Quito. 217 p.

Marín, A. 1998. Propagación vegetativa de dos podocarpaceas del Bosque andino colombiano con problemas de propagación sexual. Smurfit. Carton, Colombia. 186 p.

Marín, A. 1998. Ecología y silvicultura de las podocarpáceas andinas de Colombia. Smurfit. Carton, Colombia. 34 p.

Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

Peralta R, JE. 2011. Efecto del ácido indol butírico en el enraizamiento de brotes de pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede) (en línea). Tesis Ing. Agrónomo y Licenciado. USAC, Guatemala. 97p. Consultado el 14 de abril de 2019. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6824/1/JULIO%20PERALTA.pdf>.

Quintero G, OD y Toro M, JL. 2007. Proyecto manejo y conservación de la flora. Macro y micropropagación de especies del bosque altoandino (en línea). Ed

CORANTIOQUIA. Programa conocimiento y mejoramiento de los recursos naturales. 21p. Consultado el 14 de abril de 2019. Disponible en: http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_7338_2007.pdf

Ramírez, J. 1997. Propagación vegetativa del pino colombiano *Podocarpus oleifolius* por injerto y por estacas. Smurfit. Cartón, Colombia. 186 p.

Ríos, A; Ríos, D. 2000. Propagación clonal in vitro de piña (*Ananas comosus*) variedades Champaka y Hawaiana. Ciencia y Tecnología. 54 p.

Rojas I, C; Cuzquén C, C; Delgado P, GE. 2014. Propagación clonal in vitro y enraizamiento de estacas de algodón nativo (*Gossypium barbadense* L.) (en línea). Revista Scielo 62(4): 312 – 320. Consultado el 14 de abril de 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a04.pdf>.

Sanzetenea, E. 2005. Germinación de semillas con animales (consulta) UMSS (Universidad Mayor de San Simón)- ESFOR (Escuela de Ciencias Forestales). Bolivia. 150 p.

Silva, GG. 2015. “Efecto de diferentes dosis de ácido indol butírico en el enraizamiento de estacas de *Lonchocarpus utilis* (Barbasco) en vivero”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroforestal Acuícola. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Yarinacocha, Perú. 94 p.

Sisaro, D. 2016. Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo. 1° ed. Hurlingham, Buenos Aires. Ediciones Inta. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf

Solís, D; Gómez, DA; León, SN y Gutiérrez, FA. 2010. manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Revista. Agrociencia. 44:575-586. Citado el 21 de setiembre del 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n5/v44n5a7.pdf>

Trujillo, E. 2000. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. Bogotá, Colombia. 150 p.

Yépez, D. 2016. Propagación vegetativa de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb mediante esquejes en Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi (en

línea). Tesis Ing. For. UTN, Ibarra, Ecuador. Consultado el 14 de abril de 2019.
Disponible en:
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5715/1/03%20FOR%20229%
20TRABAJO%20GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5715/1/03%20FOR%20229%20TRABAJO%20GRADO.pdf)

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico de la investigación



Figura 33. Recolección de ramas de árboles de *Podocarpus oleifolius*.



Figura 34. Realización de prueba en blanco para el cálculo del volumen de agua para la preparación solución.



Figura 35. Preparación de sustratos haciendo uso de tierra agrícola.



Figura 36. Habilitación de la platabanda para la instalación del experimento.



Figura 37. Sembrado de estacas de *Podocarpus oleifolius* en su cada unidad experimental.



Figura 38. Aparición de las primeras raíces en las estacas de *Podocarpus oleifolius*.

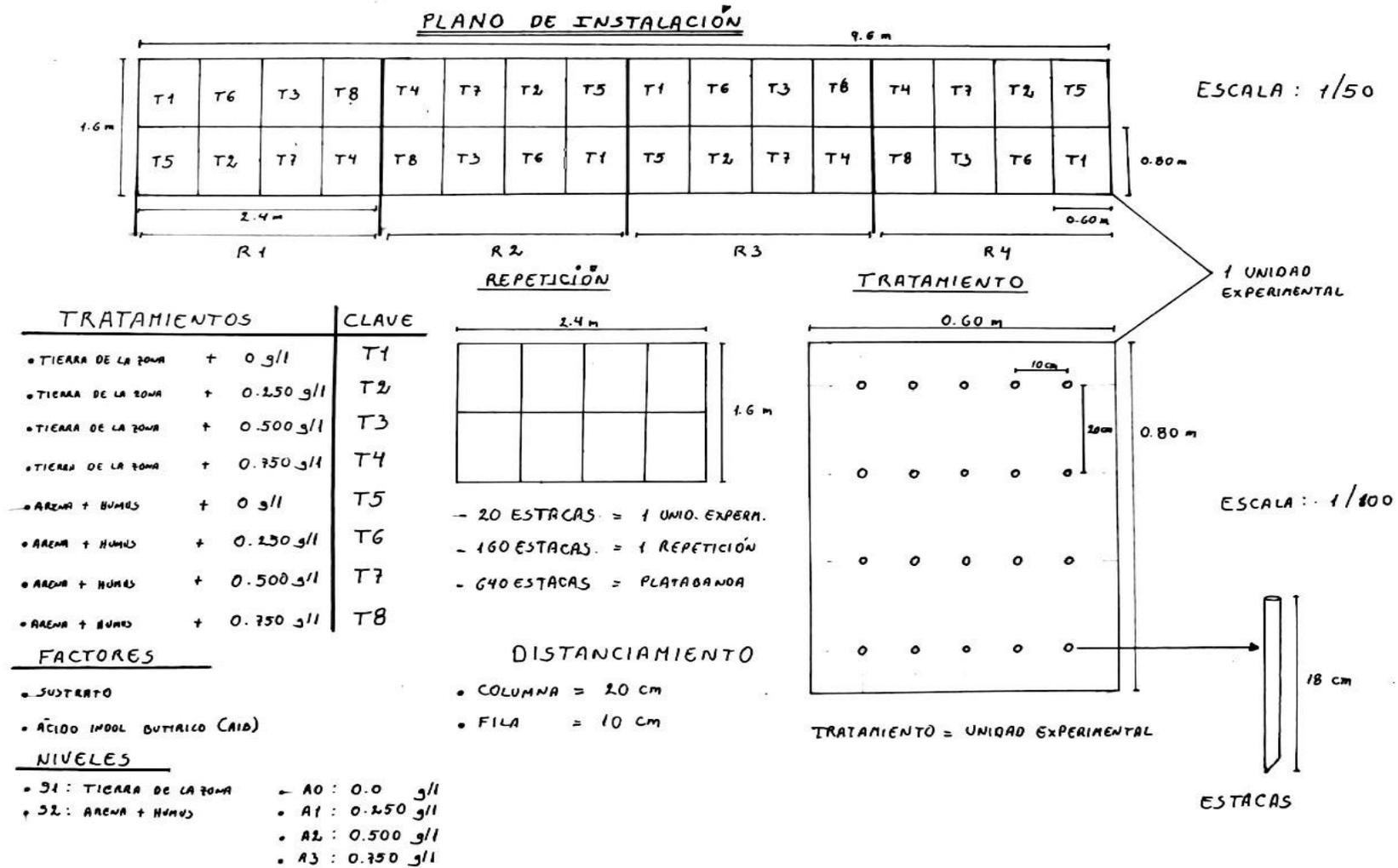


Figura 39. Aparición de los primeros brotes en las estacas de *Podocarpus oleifolius*.



Figura 40. Formación de callo en estacas de *Podocarpus oleifolius*

Anexo 2. Diseño de la parcela experimental



Anexo 3. Evaluación del número de raíces

REP		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	SUSTRATO	TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
	IBA	0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		1	2	1			0		
			3			0			
		1	3	1	2			0	0
		1				1			
		2			0	2	2		
		3	3			0			
		2		2	1		0		
			0		5	1		0	
			2	2	0	0		0	0
		3	2	0	1		0		0
		2	4	0				1	1
			2	0	0	1			
					0		2		1
				0	1				
				0					
					3	2		1	0
		4		0	2	3		2	
						3			
		5	2	1		2	1	0	
Rep. II			1	3		3		2	
				1		3			
		2	2	2	0			0	0
			3		3		0		3
				2					2
				2					
		2	2	1				0	
					2	3	0		
		2			1		0		0
		2	3				1		
			3	2		1	2	2	
					1	2			1
		1	2		2			2	1
			5	0	1	4	0	0	
		2		2			1	3	
				3	0				0
			3	2		3	4		2
	2	1		0			2		
		2	0			3		2	
	4			2	4	2	1		

Rep. III		1		0				2
	0	2		2				
			2	3			0	
		0	1		3		2	3
			4			0		
					3			
	3			5	2	2		
			0			1	2	
		2					0	3
		12	1		0			
	0	2	3	1	2	2		
	0	1		3				
		0	2	0	1	0	0	2
			0				0	0
	0							
	0	1		0				
			1		0		3	0
				1	11			
2	3	3	5			2	3	
Rep. IV		0		1	2			
		3		8				0
	0	1	3		2	0	0	2
		2			0	0	1	
			0	0			0	2
			3			2	0	
						2	2	
			4	3			0	
			2	0		0		2
	4	1					0	
		0	2			0		0
		2	1	0	0	0	2	3
		8		0		3	0	
		0	0	3			0	0
	0	0	0		3			
	2	0			0	0	7	3
				4	0			
0	0	5	2			4		
0	0					0		
0	3	0		1				

Anexo 4. Evaluación de la longitud de raíces

REP		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	SUSTRATO	TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
	IBA	0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		14	7	4					
			25						
		3	20	4	4.5				
		4				3			
		3.5				14	3.5		
		4.5	23						
		3		2.5	3				
					15.5	6			
			3	4.5					
		6	5		3				
		2.5	7					3	5.5
			13.5			3			
							4		4
						2			
						4	7		3
		4.5			5	6		4	
							5		
		9.5	2;2	4		3	3		
Rep. II			5	3.5		23.5		3	
				4		12.5			
		3	4.5	7					
			8		11				6.5
				3.5					2.5
				5.5					
		4.5	5	5					
					4	4.5			
		2			6				
		2.5	7.5				3		
			5	3.5		3	3	4	
					2	9.5			3
		3	3		3			5	3
			8		5	19			
		3		3			3	8.5	
				6.5					
			3	5		8	12		18
	2.5	3					6.5		
		4.5				11.5		4	
	4.5			3	10	3.5	7		

Rep. III		3					5	
		2.5		4.5				
			5	9.5				
			4		12.5		5	7.5
			9.5					
					12			
	6.5			7	5	3.5		
						4	2.5	
		6						4
		33	6					
		5.5	13	7	8	3.5		
		5		14				
			5		5			5
	6	11						
		5				3.5		
				3	37.5			
5.5	5	7.5	22.5			22	7.5	
Rep. IV				7	2			
		8		43				
		6	4		9		6	
		3				3		
							5	
			9.5			4		
						15	5.5	
			8	13				
			4				3.5	
	7.5	3						
			7.5					
		4	6				3	7.5
		19				5.5		
				15.5				
					10			
	4						20	3
			8					
		11.5	3.5			8		
	15.5			4				

Anexo 5. Evaluación del número de brotes

REP		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	SUSTRATO	TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
	IBA	0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		2	2	1					
			2			1			
		5	2	1	1			2	1
		3				2			
		1			3	2	3		
		2	2			4			
		1		1	9		1		
			2			3		2	
			1	0	1	2		1	1
		2	4	4	3		1		2
		1		1				2	4
			1	1	1	4			
					2		3		2
				5	4				
				7					
					3	1		1	1
		2	3	3		2		1	
						3			
		1	0	1		2	2	1	
Rep. II			3	3		0		3	
				2		4			
		2	2	0	2			2	2
			0		3		2		4
				2					3
				2					
		3	2	1				1	
					2	2	1		
		0			2		1		4
		5	1				2		
			2	0		2	1	1	
					2	0			4
		0	1		2			2	0
			2	2	2	2	2	5	
		2		3			2	5	
			0	1				1	

			3	2		2	3		2
	0		0		4			6	
			5	2			3		1
	4				4	2	2	4	
Rep. III			3		2				3
	0		2		3				
				1	3			4	
			4	4		11		8	0
				4			2		
						5			
	3				3	1	2		
				3			2	2	
			1					0	2
			5	2		1			
	2		1	4	3	2	2		
	1		2		2				
			2	3	4	4	1	2	2
				3				0	1
	3								
	3		2		2				
				2		2		1	3
						0	5		
	1		2	1	5			2	2
Rep. IV	0		0		2	2			
			1		0				2
	1		0	3		6	2	2	4
			0			0	1	0	
				2	5			1	1
				5			4	4	
							0	3	
				2	3			6	
				2	1		3		2
	1		2					6	
			1	2			2		4
			2	2	1	1	4	4	3
			2		6		1	0	
			0	4	2			4	2
	1		0	1		2			
	1		7			3	0	5	6
				1	4				

		3	0	2	4			7	
		2	0					1	
		1	1	0		2			

Anexo 6. Evaluación de la longitud de brotes

REP	SISTRATO IBA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
		TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS				
		0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75	
Rep. I		12	3	2						
			3.5			2				
		15.5	2.5	3	1			2	2	
		3				3.5				
		3			1.5	3	2.5			
		1.5	1;3			2				
		11		2	3		1			
			2		2	2		1		
			1		2	1		2	2	
		6.5	4	4	2.5		1		1	
		3	2	2				2.5	10	
			3	2	1	3.5				
					1		5		2	
					3.5	3				
				20						
	Rep. II					17	2		2	1
		3.5	2	5	1	2.5		1		
							2			
			2		1		2	2	2	
			2	3				3.5		
				2.5		20				
		2	2		1.5			1.5	1.5	
					2		2.5		5	
				3					2	
				2.5						
		2	1.5	3				2		
					2	3.5	2.5			
		1			1		3		2	
	5	2				2.5				
		4			2.5	2	7			
				2				3		
		3		2			2.5			
		3	2	1.5	3.5	2	3.5			

		2.5		6.5			3	3	
					1				1
		4	3			3.5	5		2
					2			7.5	
		6	2.5				5.5		2
		8			3	3.5	7.5	3	
Rep. III		3.5			3.5				5
		2			3.5				
			3		4.5				6.5
		8.5	2			24			7.5
			2					3	
						14			
		4.5			5.5	5	3.5		
				3.5			3.5	3	
		7							3.5
		2.5	2.5			3			
		2.5	9	5	3	5	4.5		
		3	3		3.5				
			2.5	4.5	6	4.5	4	2.5	4.5
				4					3
		3.5							
	3	1.5		3					
			3.5		3		2	4.5	
						4			
	16	3.5	4	10.5			5.5	4.5	
Rep. IV					2.5	3			
			6						2.5
		2		3.5		12.5	2.5	3	6.5
							3		
				3.5	6.5			3	1
				7.5			5	5	
								8	
				3	5.5			9	
				3.5	3		17.5		2.5
		7	3.5					7	
			2	3			2.5		5
			2.5	10.5	3	3	6.5	5	7
			2.5		8		12		
				5	15			6.5	2.5
		3		3		4.5			
		4	7			4		11	8
				4	5				
	4		5.5	6.5			13		

		3						4	
		3	8			3.5			

Anexo 7. Evaluación del número de hojas

REP	SISTRATO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
		TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
		0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		13	5						
			4			3			
		18	2						
						2			
						6			
						3			
		14					4		
						9			
						3			
		11							
									17
						15			
							4		
				21					
					21	2			
	4		22	4					
Rep. II								4	
						10			
									7
						2			

	7					15	
						4	
				5			
					4		
				8	15		
						8	
					8		
					4		
	15						
Rep. III							
				2			
		19			31		7
					6		
	2			2	9	2	
						3	
		19					
	2	8			6	3	
				3			
					3		9
	22	2	4	29		9	3
Rep.							
		8					
					8		2

IV									
			4						
							32		
			2	9					
	12								
			9						8
							12		
				11					
					5				
	10							14	5
			8					13	
								2	
		17				2			

Anexo 8. Evaluación del número de callos

REP		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	SUSTRATO	TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
	IBA	0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		6	4	3			9		
			5			7			
		4	5	4	6			7	6
		5				3			
		5			5	3	7		
		8	9			2			
		10		4	5		3		
			5		3	3		1	
				3	4	6		3	3
		5	11	5	4		7		3
		4	6	5				2	4
			7	4	8	2			
					4		4		5
				3	6				
			7						
				6	2		3	3	

		9	5	3	3	8		4	
							3		
			9	4	8		4	3	4
Rep. II			4	5		3		2	
				3		4			
		4	3	7	3			4	4
			11		4		5		4
				7					5
				5					
		5	3	7				5	
					5	3	4		
		3	6		5		2		4
		3	4				4		
				6		4	4	4	
					4	4			2
		6	4		3			4	3
			3	4	4	4	3	5	
		6		2			3	8	
				7	3				4
			7	3		4	3		7
		5	4		4			4	
		3	3			3		3	
	5			6	5	4	4		
Rep. III			4		3				5
		4	3		3				
				3	4			3	
			2	7		5		4	4
				5			3		
						4			
		6			5	4	5		
				6			4	3	
			5					4	4
			7	4		4			
		3	4	4	3	4	3		
		5	3		6				
			4	3	5	3	2	1	4
				4				3	3
		4							
		3	4		3				
				2		2		3	3
					5	4			
	5	4	3	6			3	4	
		3		6	2				
		5		6				4	

Rep. IV	3	6	6		4	3	3	5
		4			0	3	3	
			3	3			4	4
			3			3	1	
						2	3	
			6	8			2	
			5	6		5		5
	1	2					3	
		2	5			2		4
		3	4	3	3	2	1	6
		4		6		2	2	
		7	3	5			3	6
	2	3	2		2			
	4	3			3	18	4	4
				5	3			
	2	8	3	3			3	
	3	7					4	
	1	3	4		3			

Anexo 9. Evaluación de la longitud de tallo

REP	SISTRATO IBA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
		TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS				
		0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75	
Rep. I		18	18.2	18			18			
			18			18				
		18	18.4	18.5	18			18	18	
		18				18				
		18			18	18	18			
		18	18			18				
		18		18	18		18			
			18		18	18		18		
			18	18	18	18		18.2	18	
		18	18	18	18		18		18	
		18	18	18				18	18.3	
			18	18	18	18				
					18		18		18	
				18	18					
				18						
					18	18		18	18	
		18	18	18.2	18	18		18		
							18			

			18	18	18		18	18	18
Rep. II			18	18		18		18.3	
				18		18			
		18	18	18	18			18	18
			18		18		18		18
				18					18
				18					
		18	18.2	18				18	
					18	18	18		
		18			18		18		18
		18	18				18		
					18	18			18
		18	18		18			18	18
			18	18	18	18	18	18	
		18		18					18.1
			18	18		18	18		18
		18	18		18			18	
			18	18			18		18
	18			18.1	18	18	18		
Rep. III			18		18				18
		18	18		18				
				18	18			18	
			18	18		18		18	18
				18			18		
					18				
		18			18	18	18		
				18			18	18	
			18				18	18	
		18						18	18
			18	18		18			
		18	18	18	18	18	18		
		18	18		18.2				
			18	18	18	18	18	18	18
				18				18	18
		18							
	18	18		18					
			18		18		18	18	
					18	18			
	18	18	18	18			18.2	18	
Rep.			18		18	18			
			18		18				18
		18	18	18		18	18	18	18
			18			18	18	18	

IV			18	18			18	18
			18			18	18	
						18	18	
			18	18			18	
			18	18		18		18
	18	18					18	
		18	18.1			18		18
		18	18.4	18	18	18	18	18
		18		18		18	18	
		18	18	18			18	18
	18	18	18		18			
	18	18			18	18	18	18
				18	18			
	18	18	18.2	18			18	
	18	18					18	
	18	18	18		18			

Anexo 10. Evaluación de la sobrevivencia

REP	SISTRATO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
		TIERRA DE LA ZONA				ARENA Y HUMUS			
		0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
Rep. I		V	V	V	M	M	V	M	M
		M	V	M	M	V	M	M	M
		V	V	V	V	M	M	V	V
		V	M	M	M	V	M	M	M
		V	M	M	V	V	V	M	M
		V	V	M	M	V	M	M	M
		V	M	V	V	M	V	M	M
		M	V	M	V	V	M	V	M
		M	V	V	V	V	M	V	V
		V	V	V	V	M	V	M	V
		V	V	V	M	M	M	V	V
		M	V	V	V	V	M	M	M
		M	M	M	V	M	V	M	V
		M	M	M	M	M	M	M	M
		M	M	V	V	M	M	M	M
		M	M	V	M	M	M	M	M
		M	M	M	V	V	M	V	V
		V	V	V	V	V	M	V	M
		M	M	M	M	M	V	M	M
		M	V	V	V	M	V	V	V
		M	V	V	M	V	M	M	

Rep. II	M	M	V	M	V	M	M	M	
	V	V	V	V	M	M	V	V	
	M	V	M	V	M	V	M	V	
	M	M	V	M	M	M	M	V	
	M	M	V	M	M	M	M	M	
	V	V	V	M	M	M	V	M	
	M	M	M	V	V	V	M	M	
	V	M	M	V	M	V	M	V	
	V	V	M	M	M	V	M	M	
	M	V	V	M	V	V	V	M	
	M	M	M	V	V	M	M	V	
	V	V	M	V	M	M	V	V	
	M	V	V	V	V	V	V	M	
	V	M	V	M	M	V	V	M	
	M	M	V	V	M	M	M	V	
	M	V	V	M	V	V	M	V	
	V	V	M	V	M	M	V	M	
	M	V	V	M	M	V	M	V	
	Rep. III	V	M	M	V	V	V	M	M
		M	M	V	M	M	V	M	M
M		M	V	V	M	M	V	M	
M		M	V	M	M	V	M	M	
M		M	M	M	V	M	M	M	
V		M	M	V	V	V	M	M	
M		M	V	M	M	V	V	M	
M		V	M	M	M	M	V	V	
M		V	V	M	V	M	M	M	
V		V	V	V	V	V	M	M	
V		V	M	V	M	M	M	M	
M		V	V	V	V	V	V	V	
M		M	M	M	M	M	M	M	
M		M	V	M	M	M	V	V	
V		M	M	M	M	M	M	M	
V		V	M	V	M	M	M	M	
M		M	V	M	V	M	V	V	
M		M	M	M	V	V	M	M	
V		V	V	V	M	M	V	V	
Rep. IV		M	V	M	V	V	M	M	M
	M	V	M	V	M	M	M	V	
	V	V	V	M	V	V	V	V	
	M	V	M	M	V	V	V	M	
	M	M	V	V	M	M	V	V	
	M	M	V	M	M	V	V	M	

		M	M	M	M	M	V	V	M
		M	M	V	V	M	M	V	M
		M	M	V	V	M	V	M	V
		V	V	M	M	M	M	V	M
		M	V	V	M	M	V	M	V
		M	V	V	V	V	V	V	V
		M	V	M	V	M	V	V	M
		M	V	V	V	M	M	V	V
		V	V	V	M	V	M	M	M
		V	V	M	M	V	V	V	V
		M	M	M	V	V	M	M	M
		V	V	V	V	M	M	V	M
		V	V	M	M	M	M	V	M
		V	V	V	M	V	M	M	M

Anexo 11. Evaluación del porcentaje de sobrevivencia

REPETICIONES		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Sustrato	Tierra de la zona				Arena y humus			
	IBA	0	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75
I		45	55	55	60	45	35	35	35
II		40	55	60	50	40	50	45	45
III		35	50	50	45	40	30	40	35
IV		35	70	55	50	40	45	65	40