

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**

**EFFECTOS DEL ÁCIDO INDOLACÉTICO EN LA
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Ficus gigantocyce* Dugand y
Ficus macbridei Standl**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor: Bach. Larry Dustin Garcia Frias

Asesores: Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga

Dr. Cirilo Mario Caira Mamani

Línea de investigación: Conservación, manejo y aprovechamiento de recursos naturales

JAÉN – PERÚ

2025

Larry Dustin Garcia Frias

EFFECTOS DEL ÁCIDO INDOLACÉTICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE Ficus gigantocyce Dugand y Ficus macbridei ...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega trn:oid::1:3329346631	65 páginas
Fecha de entrega 4 sep 2025, 12:03 p.m. GMT-5	12.428 palabras 69.616 caracteres
Fecha de descarga 4 sep 2025, 12:08 p.m. GMT-5	
Nombre del archivo IVA_DE_Ficus_glgantocyce_Dungand_y_Ficus_macbridei_Standl_1.pdf	
Tamaño del archivo 6.5 MB	


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 21 de Agosto del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado en las instalaciones de la escuela profesional de ingeniería forestal y ambiental.

Presidente : Dr. Wagner Colmenares Mayanga

Secretario : Dr. Víctor Hugo Gómez Ramírez

Vocal : Mg. Victoria del Pilar Chumpen Cabellos, para evaluar la Sustentación del informe final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"Efectos del Ácido Indolacético en la Propagación Vegetativa de *Ficus gigantocyce* Dugand y *Ficus macbridei* Standl ", presentado por el bachiller: Larry Dustin Garcia Frias de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar

() Desaprobar

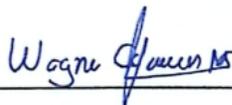
(X) Unanimidad

() Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (17) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las...11:30... horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Dr. Wagner Colmenares Mayanga

Presidente



Dr. Víctor Hugo Gómez Ramírez

Secretario



Mg. Victoria del Pilar Chumpen Cabellos

Vocal

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Larry Dustin Garcia Frias, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado con DNI 74876347.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“EFECTOS DEL ÁCIDO INDOLACÉTICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Ficus gigantocyce* Dugand y *Ficus macbridei* Standl”.

Asesorado por la M.Sc. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga y el Dr. Cirilo Mario Caira Mamani.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Forestal y Ambiental.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 05 de septiembre de 2025.



Larry Dustin Garcia Frias

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE ANEXOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1 Materiales, equipos e infraestructura.....	9
2.2 Área de estudio	9
2.3 Población, muestra y muestreo.....	10
2.4 Variables de estudio.....	10
2.5 Método.....	11
2.6 Análisis de datos.....	14
III. RESULTADOS.....	15
IV. DISCUSIÓN.....	25
V. CONCLUSIÓN	27
VI. RECOMENDACIÓN.....	27
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
VIII. AGRADECIMIENTO	38
IX. DEDICATORIA.....	38
X. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación de la infraestructura del vivero	9
Figura 2	Mapa de ubicación de los árboles padres	11
Figura 3	Preparación y aplicación del ácido indolacético	13
Figura 4	Distribución de la influencia del ácido indolacético	16
Figura 5	Comparación morfológica de las estacas	17
Figura 6	Tendencia de brotes a lo largo de 75 días de evaluación para <i>F. macbridei</i>	20
Figura 7	Tendencia de brotes a lo largo de 75 días de evaluación para <i>F. gigantosyce</i>	20
Figura 8	Fitología de estacas de <i>F. gigantosyce</i> y <i>F. macbridei</i>	21
Figura 9	Incidencia de plagas, enfermedades	22
Figura 10	Distribución de los tratamientos y bloques para este estudio.....	39
Figura 11	Ubicación real de los sub bloques	39
Figura 12	Script para evaluación de supuestos	40
Figura 13	Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta “tasa de enraizamiento”	41
Figura 14	Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta “el promedio foliar”	42
Figura 15	Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta el incremento porcentual de brotes (IPB)	43
Figura 16	Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta el incremento de la tasa de brotes	44
Figura 17	Script para analizar el ANOVA y Tukey	45
Figura 18	Resultados generados por el script ANOVA para la variable PH.....	46
Figura 19	Resultados generados por el script ANOVA para la variable ITB.....	46
Figura 20	Resultados generados por el script ANOVA para la variable IPB.....	47
Figura 21	Resultados generados por el script para análisis no paramétrico	48
Figura 22	Script para medir el área y perímetro foliar	49
Figura 23	Cuantificación de raíces con el software de ImageJ.....	50
Figura 24	Resultados generados por el script para medir el área y perímetro foliar	50
Figura 25	Imágenes georreferenciadas y árboles padres de <i>F. gigantosyce</i>	52
Figura 26	Imágenes georreferenciadas y árboles padres de <i>F. macbridei</i>	54
Figura 27	Registro de datos en el número de brotes por estaca.....	57
Figura 28	Mescla, desinfección y llenado de sustrato	61
Figura 29	Preparación de desinfectante, verificación de especies y colecta de estacas	62
Figura 30	Manipulación y tratamientos de estacas	63
Figura 31	Acondicionamiento de estacas	64
Figura 32	Seguimiento y colecta de datos	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos aplicados en el AIA.....	12
Tabla 2 Análisis descriptivos de las patologías, enfermedades, deficiencia y plagas de las estacas en las diferentes dosis.	23
Tabla 3 Análisis descriptivos de las patologías, enfermedades, deficiencia y plagas en las dos especies	23
Tabla 4 Pruebas de Tukey.....	47
Tabla 5 Localizaciones de las especies de <i>F. gigantosyce</i> y <i>F. macbridei</i>	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diseño factorial de bloques completamente aleatorios.....	39
Anexo 2 Evaluación de supuestos	40
Anexo 3 Procesamiento del objetivo primer objetivo	45
Anexo 4 Procesamiento del segundo objetivo.....	49
Anexo 5 Coordenadas geográficas de los árboles muestreados	51
Anexo 6 Data set del seguimiento de brotes.....	57
Anexo 7 Panel fotográfico.....	61

RESUMEN

El ácido indolacético (AIA) es una hormona exógena que estimula la formación de nuevos tejidos, y su influencia durante la propagación vegetativa (generación de brotes y raíces) es ideal para el prendimiento de estacas. El objetivo principal del presente trabajo fue determinar la influencia del AIA en la propagación vegetativa de *Ficus gigantocyce Dugand* y *Ficus macbridei Standl.* Se empleó un diseño factorial de bloques completamente aleatorios; los factores de estudio fueron dos tipos de especies y seis dosis de AIA (0, 50, 100, 150, 200 y 250 mg) con cinco repeticiones de cada tratamiento en tres bloques. La aplicación del AIA fue por el método pastoso, pero antes se le aplicó una escarificación en la corteza (1 a 2 milímetros), y las estacas tuvieron características de 15 cm de longitud. Además, el sustrato utilizado fue de una proporción de 15:30:45 (arena de río, arcilla y tierra de un bosque secundario). Los resultados demostraron que solo la especie de *F. macbridei* logró propágulos exitosos en las dosis de 50 y 200 miligramos de AIA. En conclusión, las estacas tratadas con AIA tuvieron efectos positivos en la propagación vegetativa de *F. macbridei* bajo condiciones diferentes a las de los árboles progenitores.

Palabras claves: Especies nativas, factores contrastantes, fitohormonas exógenas, higuerones.

ABSTRACT

Indoleacetic acid (IAA) is an exogenous hormone that stimulates the formation of new tissue, and its influence during vegetative propagation (shoot and root generation) is ideal for the establishment of cuttings. The main objective of the present work was to determine the influence of AIA on vegetative propagation of *Ficus gigantocyce* Dugand and *Ficus macbridei* Standl. A completely randomized block factorial design was used; the study factors were two types of species and six doses of AIA (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg) with five replicates of each treatment in three blocks. The application of the AIA was by the pasture method, but beforehand, a scarification was applied to the bark (1 to 2 millimeters), and the stakes had characteristics of 15 cm in length. In addition, the substrate used was of a 15:30:45 ratio (river sand, clay and soil from a secondary forest). The results showed that only *F. macbridei* species achieved successful propagules at doses of 50 and 200 milligrams of AIA. In conclusion, AIA-treated cuttings had positive effects on vegetative propagation of *F. macbridei* under conditions different from those of the parent trees.

Key words: Native species, contrasting factors, exogenous phytohormones, fig trees.

I. INTRODUCCIÓN

Las fitohormonas son compuestos químicos que generan respuestas pleotrópicas; es decir, pueden generar diversos roles y funciones en la planta, tales como modificaciones morfológicas y de crecimiento (Aguilar et al., 2007; Matkowski & Daszkowska–Golec, 2025). Estas fitohormonas se clasifican en varios grupos, de los cuales las auxinas y citoquininas son las hormonas que más interacciones ejercen en las plantas, con la morfología de los tejidos y la división celular (García et al., 2018). Sin embargo, otras hormonas, como el ácido abscísico, las giberelinas, y el etileno, no interactúan con mayor frecuencia en la propagación vegetativa (Borjas-Ventura et al., 2020).

Por otra parte, el ácido indolacético (AIA) corresponde al grupo de las auxinas; este ácido monocarboxílico se destaca por su predominancia en el interior de la planta al ser comparado con otros ácidos, como el ácido indolbutírico, el ácido fenilacético, y el ácido 4-cloroindolacético (Jordán & Casaretto, 2006). Debido a ello, se han generado diversas investigaciones relacionadas con bioensayos (Borjas-Ventura et al., 2020; Garg et al., 2024). Sin embargo, los métodos de propagación vegetativa por estacas han representado desafíos en la influencia de las hormonas exógenas y cofactores ambientales (Alvarez et al., 2021; Fierli et al., 2023).

Los efectos del ácido indolacético han desempeñado un papel crucial en la domesticación de especies vegetales silvestres; sin embargo, este proceso puede generar alteraciones en los genes que se expresan con cambios diminutos en características morfológicas (Iglesias Gutiérrez et al., 2020; Tarnowski, 2021). En contraste, el uso de fitohormonas en la propagación vegetativa en *Ficus* ha mostrado resultados notables; esto puede determinar una dosis adecuada para cada taxón (Alvarado-Aguayo & Munzón-Quintana, 2020; Herrera Vázquez, 2023; Pérez-Vega et al., 2011).

En los taxones de *Ficus* se considera el método de propagación vegetativa (generación de brotes y raíces adventicias) como una estrategia idónea, ya que la propagación botánica representaría un cuello de botella (Alvarez et al., 2021a; Delgado-Paredes et al., 2023). El factor limitante es la tasa germinativa de un rodal nativo; esto genera incertidumbre en respuestas fisiológicas. Análogamente, el cuello de botella es causado por la coevolución del sicón muy característico del género *Ficus* que impide el correcto rol de fecundación en sus polinizadores (Mawa et al., 2013).

Por otro lado, los métodos de colecta en estacas no difieren de las partes cortadas y las fenológicas de la planta (Fragoso et al., 2020). Las técnicas de corte en estacas están relacionadas con la estimación de la presencia de fitohormonas, al igual que la fenología (Herrera Vázquez, 2023; Soto et al., 2006). La especie de *Ficus gigantocyce* Dugand, conocido como “higuerón” o “matapalo blanco” (Zappi et al., 1994), comparte características taxonómicas con *Ficus macbridei* Standl., conocido como “Ojé.”. Son conocidas como especies clave en los trópicos y proporcionan alimento a diversas especies de fauna. (Mawa et al., 2013; Mulyani et al., 2021).

Este estudio analizó cómo el ácido indolacético influye en el desarrollo de *F. gigantocyce* y *F. macbridei* usando diferentes dosis. Para ello, se empleó un diseño factorial de bloques aleatorios, combinando dos factores de estudio. Este método ayudó a alcanzar los objetivos específicos, como determinar la influencia del AIA en la tasa de enraizamiento, el desarrollo de hojas y brotes, analizar y evaluar el desarrollo morfológico y elaborar un protocolo de propagación.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales, equipos e infraestructura

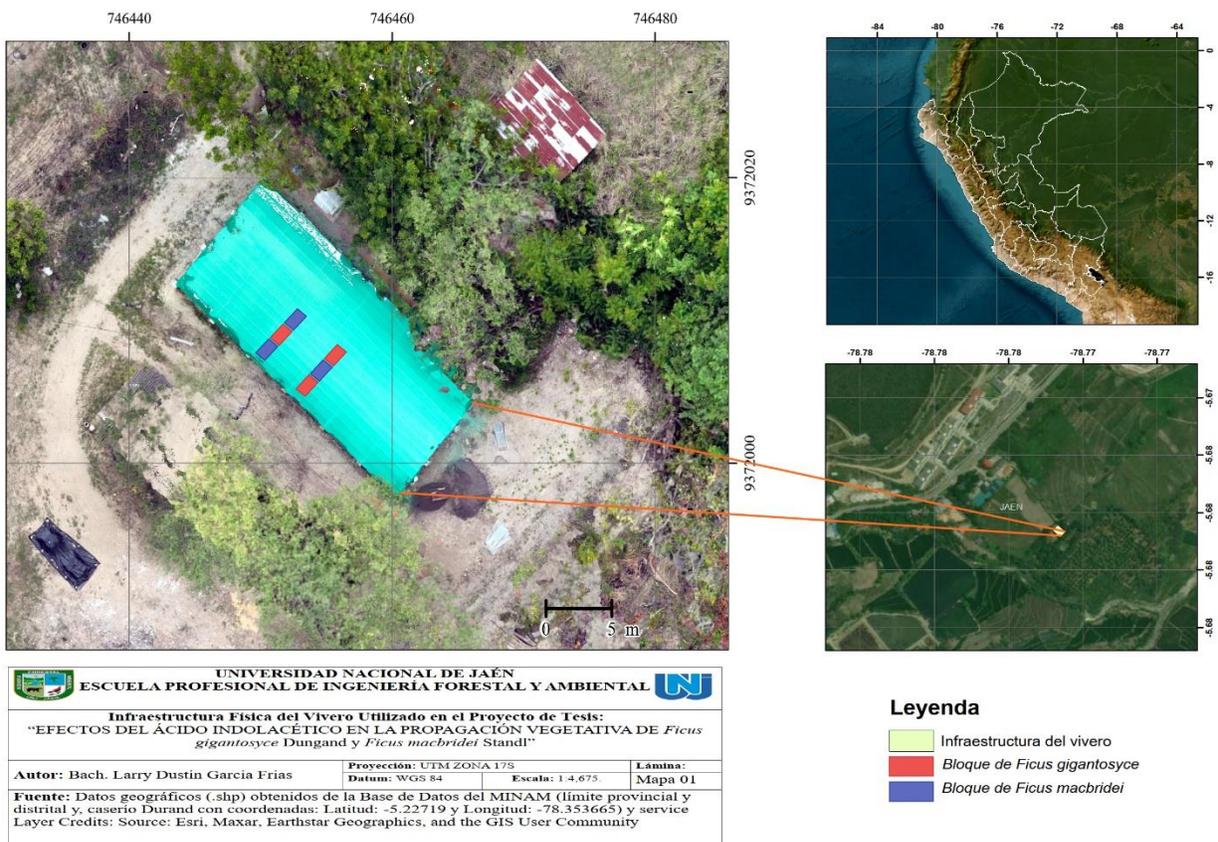
En este estudio se utilizaron lapiceros, un cuaderno de apuntes, software libre (Python y/o RStudio v.4.3.3), un equipo GPS MAP67 (sistema de posicionamiento global), una cámara fotográfica, una tijera de podar, una tijera telescópica, un machete, un cúter, una regla de plástico, cintas de colores, un equipo de escalada de árboles, una mochila, un botiquín básico con agua, un kilogramo de papel periódico, un litro de alcohol, infraestructura del vivero, 18 metros cuadrados de malla raschel, cuatro metros cuadrados de plástico, una palana, una zaranda, 180 bolsas de polietileno, una regadera, 25 gramos de ácido indolacético, una báscula de miligramos, un formol de 40 %, y una bandeja de plástico.

2.2 Área de estudio

El experimento se realizó en un vivero de techo parabólico que pertenece al Centro Experimental Yanayacu, situado en las coordenadas 5°40'35.99" Norte y 78°46'27.05" Oeste del distrito de Jaén, donde se cultivan y conservan diferentes variantes de café y cacao a través del método de brotes o estacas (Figura 1).

Figura 1

Mapa de ubicación de la infraestructura del vivero



Nota: Ortofoto de la infraestructura física del vivero corresponde a Centro Experimental Yanayacu (2024).

2.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo compuesta por un número indeterminado de plantas nativas de las especies de *F. gigantosyce* y *F. macbridei* provenientes del Bosque de Huamantanga, situadas en el centro poblado San Luis de Nuevo Retiro entre los límites de los distritos de Jaén y Huabal.

Muestra

La muestra estuvo compuesta por 180 estacas de árboles sanos y vigorosos, con fácil acceso; este número representa la combinación de los siguientes factores: dos especies por 6 dosis por 5 repeticiones por 3 bloques.

Muestreo

Se utilizó un método no probabilístico y estratificado en las dos especies para la recolección de estacas, basado en el criterio de seleccionar ramas secundarias que tengan un diámetro de 8 a 30 milímetros.

2.4 Variables de estudio

- ✓ Variables independientes:
 - Dosis de ácido indolacético.
 - Especies de *F. gigantosyce* y *F. macbridei*.

- ✓ Variables dependientes:
 - Tasa de enraizamiento.
 - Promedio de estacas con hojas.
 - Porcentaje de incremento de brotes.
 - Incremento de tasa de brotes.
 - Área foliar.
 - Perímetro de la hoja.
 - Longitud de la raíz.

2.5 Método

Preparación del sustrato

Con una proporción de 15:30:45, se preparó una mezcla que estaba compuesta por arena, arcilla, y suelo de un bosque secundario. Posteriormente, fue desinfectado con un formol de 40%, siguiendo las instrucciones realizadas por Vasquez (2001), quien recomienda utilizar 20 ml con un litro de agua y tapar por 92 horas.

Colecta de material vegetativo

Las estacas se recolectaron de plantas nativas, ubicadas en las áreas boscosas del centro poblado San Luis de Nuevo Retiro. Por otro lado, en la Figura 2 se muestran 29 puntos georreferenciados de árboles nativos de las especies de *F. gigantoyce* y *F. macbridei*. Asimismo, se mostraron 10 árboles padres, ya que sus ramas secundarias cumplieron los siguientes requisitos: un diámetro de 8 a 30 mm y presencia de nudos; además, el tamaño de la estaca fue de 15 cm. Posteriormente, el material vegetativo fue transportado con papel periódico, y los materiales utilizados se desinfectaron con agua y alcohol en una proporción de 70:30.

Figura 2

Mapa de ubicación de los árboles padres



Diseño de la investigación.

La investigación se basó en un diseño factorial de bloques completamente aleatorios propuesto por Baque & Martínez (2021); los factores de estudio fueron el tipo de especie y las dosis del ácido indolacético (Tabla 1). Por otro lado, los tratamientos mostrados en la Tabla 1 representan un subconjunto de valores comprendidos entre 0 y 400 ppm. Esto proviene de un estudio realizado por Herrera Vázquez (2023), que indicó un rango de dosis adecuadas para propagar vegetativamente especies de *Ficus*. Además, se determinó que cada tratamiento se repitiera cinco veces y se distribuyó en tres bloques (Figura 1).

Tabla 1

Tratamientos aplicados en el AIA

Factores en estudio	Tratamiento	Descripción
Factor E: Especie	E1D1	<i>F. gigantocyce</i> + 0 mg de IAA
E1: <i>F. gigantocyce</i>	E1D2	<i>F. gigantocyce</i> + 50 mg de IAA
E2: <i>F. macbridei</i>	E1D3	<i>F. gigantocyce</i> + 100 mg de IAA
Factor D: Dosis de IAA	E1D4	<i>F. gigantocyce</i> + 150 mg de IAA
D1: 0 mg	E1D5	<i>F. gigantocyce</i> + 200 mg de IAA
D2: 50 mg	E1D6	<i>F. gigantocyce</i> + 250 mg de IAA
D3: 100 mg	E2D1	<i>F. macbridei</i> + 0 mg de IAA
D4: 150 mg	E2D2	<i>F. macbridei</i> + 50 mg de IAA
D5: 200 mg	E2D3	<i>F. macbridei</i> + 100 mg de IAA
D6: 250 mg	E2D4	<i>F. macbridei</i> + 150 mg de IAA
	E2D5	<i>F. macbridei</i> + 200 mg de IAA
	E2D6	<i>F. macbridei</i> + 250 mg de IAA

Aplicación de ácido indolacético

Antes de aplicar el ácido indolacético (AIA) en las estacas, se aplicó una escarificación en la corteza de 1 a 2 mm. Además, la técnica empleada consistió en combinar hasta crear una masa homogénea y consistente con agua destilada y la fitohormona exógena. Sin embargo, la masa combinada se debe de pesar y dividir por el número de repeticiones y bloques. Posteriormente, la masa dividida se le puso en las estacas previamente escarificadas; además, se le colocó en una bolsa de polietileno y se dejó en una de las distribuciones que le correspondía (Anexo 1). Por último, se tapó con una malla raschel (Figura 3).

Figura 3
Preparación y aplicación del ácido indolacético



Nota: 1) Pesaje total de una misma dosis. 2) Mezcla del ácido indolacético con agua destilada. 3) Masa pastosa. 4) Pesaje de la masa pastosa. 5) División de la masa pastosa. 6) Aplicación del ácido indolacético en la estaca. 7) Estaca tratada puesta en bolsa de polietileno. 8) Ubicación final. Además; El PTD hace referencia al peso total de una misma dosis; asimismo, puede ser dada por la ecuación de dosis de IAA x cinco repeticiones x seis bloques.

Procesamiento y recolección de datos

Para la recolección de datos, se llevó a cabo observación y recopilaciones. A continuación, se redacta un resumen de las actividades realizadas en campo:

Las evaluaciones se realizaron una vez por semana después de iniciar, excepto para los valores relacionados con la raíz y las hojas, que fueron capturados en imágenes. Esto se realizó a los 75 días. Por otra parte, para capturar las imágenes, se removió el sustrato y se le tomó la fotografía con un fondo blanco. El sensor utilizado para capturar los datos digitales se llama Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, que es la cámara de un dispositivo móvil (Rincón et al., 2012). Este sensor es útil para la adquisición de imágenes digitales.

Por otra parte, los valores recogidos en campo se digitalizaron y se almacenaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel y archivos de Windows; sin embargo, se emplearon las siguientes ecuaciones y scripts para obtener las variables independientes:

- a. Se adaptó la fórmula de tasa de crecimiento aritmético de Torres-Degró (2011) para calcular la tasa de enraizamiento con respecto a un tratamiento de bloque (ecuación 1).

$$\text{Tasa de enraizamiento (\%)} = \frac{\text{Número de estacas con enraizamiento}}{\text{total de las estacas}} \times 100\% \quad (1)$$

- b. Para sacar el promedio del número de estacas con hojas por tratamiento de bloque, se empleó la siguiente fórmula matemática (ecuación 2).

$$\text{Promedio de estacas con hojas} = \frac{\text{Número de estacas con hojas}}{\text{total de las estacas}} \quad (2)$$

- c. Para calcular el incremento porcentual de brotes (PIB) (ecuación 3) y el incremento de la tasa de brotes (ITB) (ecuación 4), se adaptó la fórmula del incremento porcentual de Rodríguez Franco et al. (2017).

$$PIB = \left(\frac{TB \text{ de dosis}}{NB \text{ por dosis}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

$$ITB = \left(\frac{TB \text{ de dosis} - NB \text{ por dosis}}{NB \text{ por dosis}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Nota: la abreviatura TB representa el número total de brotes, mientras que NB indica el número de brotes que iniciaron (primera semana).

- d. Se utilizó el paquete PLIMAN de RStudio mediante códigos establecidos y modificados. Se logró calcular el valor del área foliar y el perímetro.
- e. Con el paquete Scikit-image y el entorno de Python, se calculó la longitud, modificando algunos códigos de Van der Walt et al. (2014).

Se reutilizaron los datos recopilados para elaborar un protocolo de propagación vegetativa empleando los apartados de García (2002); este documento se redactó en un formato técnico para su replicación.

2.6 Análisis de datos

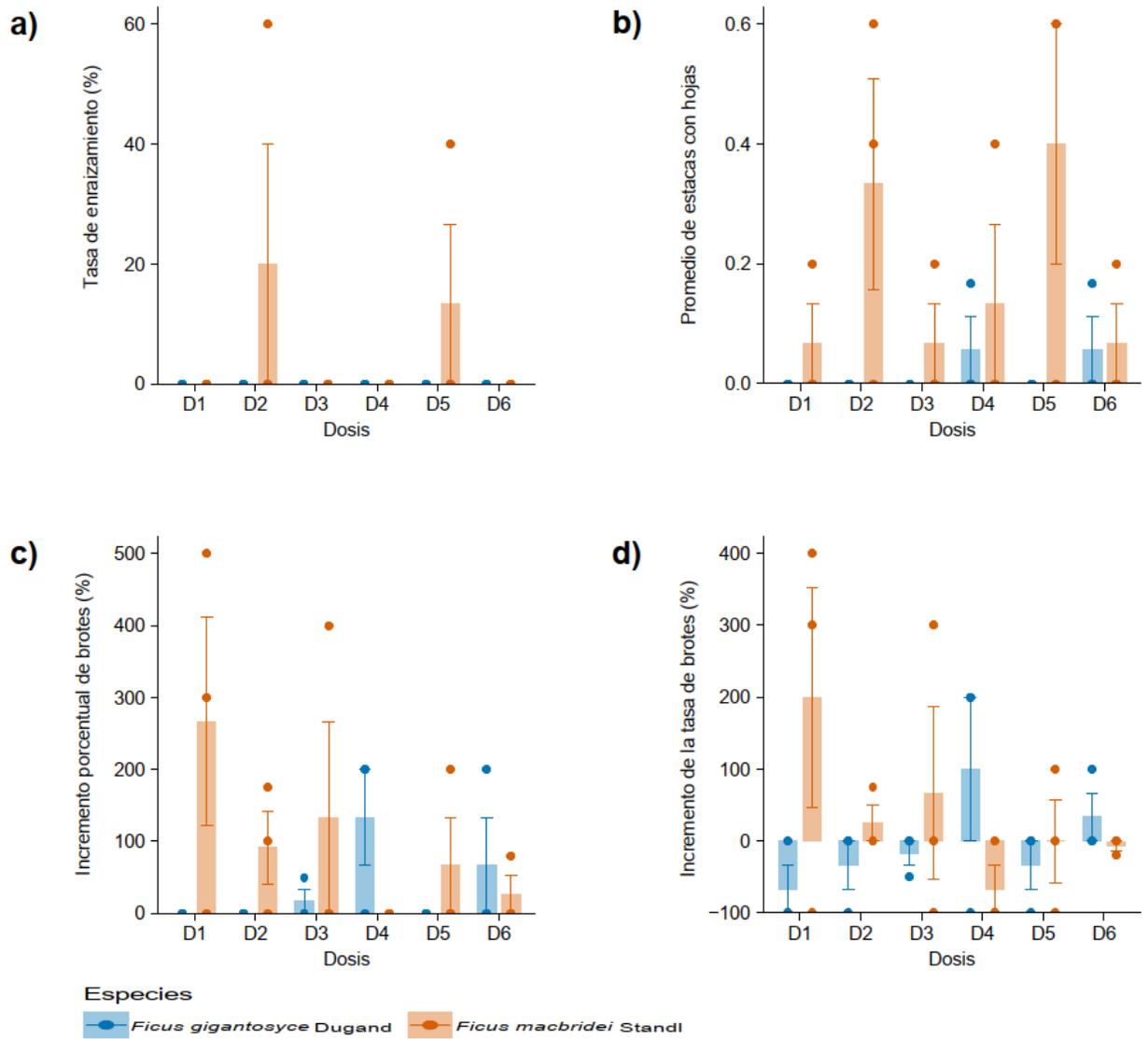
Se empleó una evaluación de supuestos estadísticos en las variables dependientes para conocer si son pruebas paramétricas o no paramétricas (anexo 2). Además, se realizaron diagramas de cajas que fueron verificados con pruebas de significancias (Bruce et al., 2022). Sin embargo, todo el proceso mencionado anteriormente se realizó en el entorno de RStudio utilizando las siguientes librerías: tidyverse, car, ggpubr, dplyr, Agricolae, ARTool, ggplot2, tidyplots, y readr (Engler, 2025).

III. RESULTADOS

Concentración del ácido indolacético en la tasa de enraizamiento, el desarrollo de hojas y los brotes.

Tras aplicar el ácido indolacético (AIA) en estacas de *F. gigantosyce* y *F. macbridei* y pasar 75 días bajo condiciones diferentes a las de los árboles progenitores, los resultados han mostrado la adaptación de una especie al entorno propagado. Por otro lado, se puede observar que las estacas que fueron tratadas con dosis de 50 y 200 mg (D2 y D5) de ácido indolacético lograron generar raíces adventicias, pero solo en la especie de *F. macbridei* (Figura 4a). Al igual que la figura anterior, las dosis que han generado raíces adventicias presentaron un comportamiento superior en cuanto al número de estacas con hojas; sin embargo, esta proporción fue menor en la especie de *F. gigantosyce* (Figura 4b). Por otra parte, al observar el incremento porcentual de brotes, se ha notado que la dosis de 0 mg o control (D1) de *F. macbridei* ha tenido un promedio más alto que los otros tratamientos y especies; además, las dosis D1, D2, y D5 no han superado el 0% en la especie de *F. gigantosyce* (Figura 4c). Por último, se han observado resultados negativos en estacas de *F. gigantosyce* tratadas con las dosis de D1, D2, y D5; de la misma manera, podemos apreciar las dosis de D4, D5, y D6 en *F. macbridei*. Otras dosis han presentado resultados moderados del incremento de la tasa de brotes (Figura 4d).

Figura 4
Distribución de la influencia del ácido indolacético



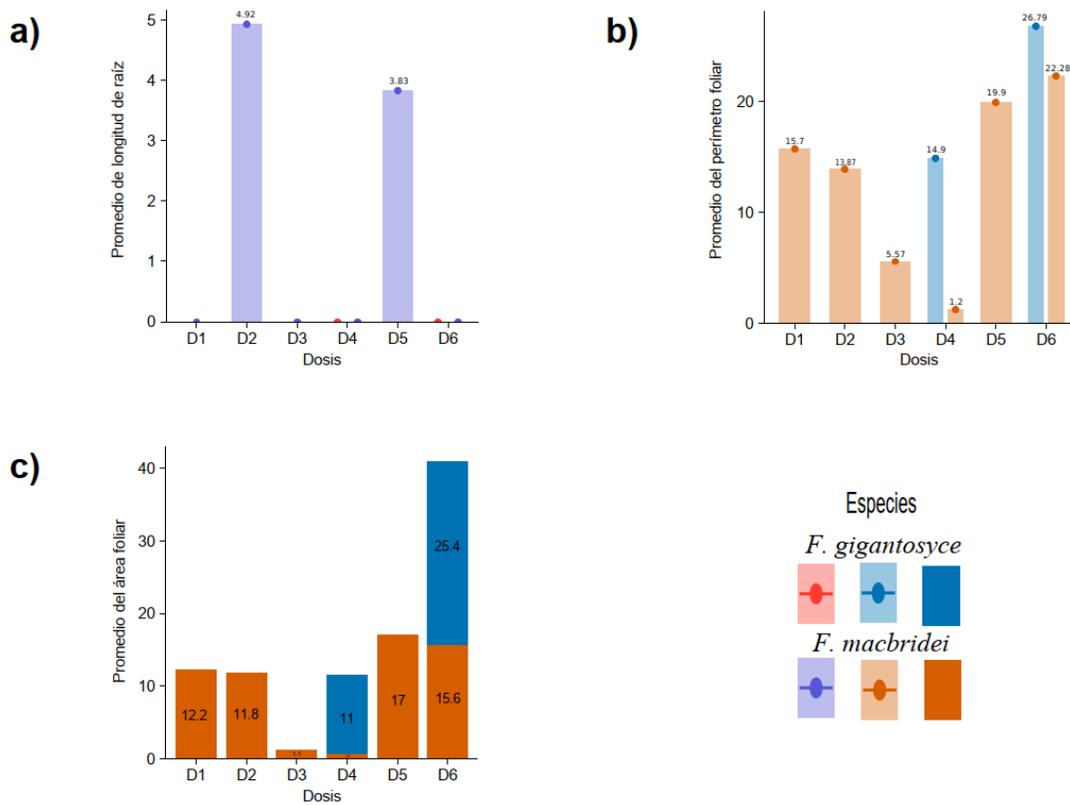
Nota: a) Tasa de enraizamiento con las seis dosis del estudio y las dos especies. b) Promedio de estacas con hojas en las seis dosis del estudio y las dos especies. c) El incremento porcentual de brotes con las seis dosis del estudio y las dos especies. d) El incremento de tasa de brotes con las seis dosis del estudio y las dos especies.

En resumen, la figura anterior muestra los promedios y la distribución de los resultados para las dos especies y las 6 dosis; además, podemos ver las diferencias entre especies, siendo *F. macbridei* la que se comporta de manera diferente a *F. gigantosyce* en cuanto a la tasa de enraizamiento, el desarrollo de hojas, y los brotes (anexo 3).

Desarrollo morfológico de las estacas de *F. gigantosyce* y *F. macbridei* tratadas con diferentes concentraciones del AIA.

En el desarrollo morfológico de las estacas que fueron tratadas o no tratadas, se puede visualizar que la dosis D2 de la especie *F. macbridei* ha presentado un promedio de 4.92 cm de longitud de raíz, siendo superior a la dosis D5, que difiere en 1.09 cm (Figura 5a). Por otro lado, todas las estacas de *F. macbridei* han producido hojas, siendo 22.28 cm el mejor perímetro foliar; sin embargo, *F. gigantosyce* ha presentado un perímetro foliar superior a *F. macbridei* en las dosis D4 y D6 con promedios de 14.9 y 26.79 centímetros, respectivamente (Figura 5b). Por último, las estacas de *F. gigantosyce* que fueron tratadas con una dosis D6 han presentado la mayor expansión foliar (25.4 cm²), tanto en comparación con las dosis faltantes como con todas las estacas de *F. macbridei* (Figura 5c).

Figura 5
Comparación morfológica de las estacas



Nota: a) Muestra los promedios de la variable longitud de raíz en las diferentes dosis y especies. b) Muestra los promedios del perímetro foliar en las diferentes dosis y especies. c) Muestra los promedios del área foliar en las diferentes dosis y especies.

En resumen, las variables de longitud de raíz, perímetro, y área foliar en D2 y D5 de *F. macbridei* tienen características ideales para lograr una propagación exitosa. Por lo tanto, el área y el tamaño de la hoja son ideales para poder estimar el éxito de la propagación vegetativa en la especie de *F. macbridei*.

Elaboración del protocolo de propagación vegetativa para las especies.

Protocolo para la propagación vegetativa de *Ficus gigantocyce* Dugand y *Ficus macbridei* Standl: Conociendo los efectos del AIA.

Introducción

El género *Ficus* de la familia Moraceae, en la mayoría de las variantes estudiadas, contiene propiedades medicinales, tales como antioxidantes y antiproliferativas (Hasnat et al., 2024; Meñiza et al., 2024). Por otro lado, los siconos y hojas de estas especies son las partes más aprovechadas para producir propiedades medicinales (Shi et al., 2018). Sin embargo, la forma y el método de uso para fines específicos varían en función de la especie y las propiedades deseadas; un ejemplo claro es *Ficus racemosa*, que se ha utilizado medicinalmente durante muchos siglos para tratar infecciones bacterianas, infecciones fúngicas, y otras enfermedades (Kannan et al., 2024).

F. gigantocyce y *F. macbridei* son dos especies de higuerones que mayormente predominan en bosques montanos húmedos o nublados a lo largo de la cordillera de los Andes (Reynel, 2024). En el área de conservación municipal Bosque de Huamantanga, los pobladores reconocen a la especie de *F. gigantocyce* como árbol que mata palos o abrazapalos, aunque también existe una diferencia mínima al nombrar comúnmente la especie de *F. macbridei* (matapalo blanco). En notas taxonómicas, estas especies se diferencian en sus láminas foliares, frutos y peridermos (Berg, 1989; Reynel, 2024). Además, hasta la fecha de este estudio, no se han reportado estudios de propiedades físico-químicas o fuentes grises que indiquen el aprovechamiento de estas especies en medicinas tradicionales.

Por otro lado, los métodos de propagación vegetativa en especies de *Ficus* son idóneos para la generación de brotes y raíces adventicias (Delgado-Paredes et al., 2023; Hesami et al., 2018). Además, las fitohormonas exógenas han influenciado en el método, permitiendo estimular la formación de tejidos celulares en menor tiempo (Alvarez et al., 2021; Hesami et al., 2018). En este estudio, analizamos cómo las estacas de *F. gigantocyce* y *F. macbridei*, tratadas con diferentes dosis de ácido indolacético, influyen en la generación de brotes e incidencia de patógenos bajo una condición ambiental contrastante.

Materiales y método

Esta investigación se desarrolló en el vivero del Centro Experimental Yanayacu en Jaén, Perú. A fin de entender y desarrollar un protocolo de propagación vegetativa se utilizaron estacas provenientes del bosque de Huamantanga (enlace) con dimensiones de 15 cm de largo, diámetro de 8 a 30 milímetros y mayor a 2 nudos.

Selección de los árboles padres

Se consideraron árboles jóvenes, sanos y vigorosos. Sin embargo, en esta investigación no se encontraron árboles jóvenes en una especie (*Ficus gigantocyce* Dugand). Además, es considerable que, al momento de la colecta del material vegetativo, las especies no presentaron características

de fructificación (Babington et al., 2025; Swarts et al., 2018; Zheng et al., 2025). En el anexo 5, se muestran los árboles padres.

Sustrato

Para preparar el sustrato en esta investigación, se realizó una mezcla homogénea de arena, arcilla, y suelo de un bosque secundario con una proporción de 15:30:45, sucesivamente. Después, se desinfectó con formol al 40%, a razón de 20 ml por cada litro, y tapado con plástico por 92 horas.

Tratamientos o dosis

La investigación se basó en un diseño factorial de bloques completamente aleatorios de (Baque & Martínez, 2021); los factores de estudio fueron dos tipo de especies y seis dosis del ácido indolacético (AIA). Las seis dosis del AIA son (0, 50, 100, 150, 200 y 250 mg) en tratamientos que van del D1 al D6. Por otro lado, la aplicación del AIA fue de forma pastosa; sin embargo, previamente se realizó un pequeño corte (1 a 2 mm) en la corteza de la estaca antes de aplicar la masa pastosa. Además; se consideraron cinco repeticiones por tratamiento en tres bloques.

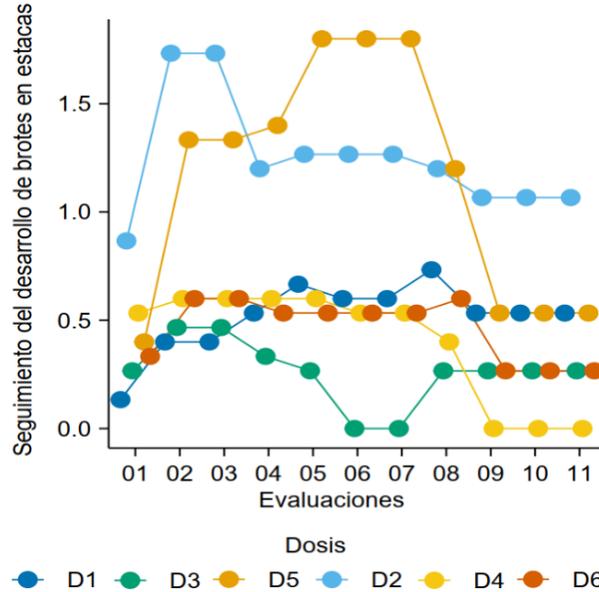
Condiciones de luz y manejo de riego

Se utilizó una malla raschel con un 50% de entrada de luz en cada bloque; además, se consideró regar cada día, a excepción de los días lluviosos, y que tenga una humedad relativamente alta en el sustrato. Además, no se consideró emplear ningún pesticida y fungicida para controlar los patógenos y plagas producidas en la propagación de estas dos especies.

Resultados

En este estudio, se siguió el comportamiento de la generación de brotes de dos especies nativas de *Ficus*; estos brotes son ideales para conocer el éxito de una propagación vegetativa. En la Figura 6, se observa que la dosis D2 se ha diferenciado desde la primera evaluación hasta la tercera evaluación con las demás dosis. En la cuarta evaluación, la dosis D2 ha ido disminuyendo y aumentando hasta la novena evaluación; a partir de esa evaluación, se ha mantenido en continuidad. Por otro lado, se observa que el aumento de brotes de la dosis D5 va desde la segunda evaluación hasta la quinta evaluación. Desde la quinta evaluación hasta la novena evaluación, el número de brotes ha ido disminuyendo. En la dosis D3, se ha observado un aumento en las primeras evaluaciones. En la tercera evaluación, se ha mantenido el mismo número de brotes que en la segunda evaluación. Además, las evaluaciones posteriores han mostrado una disminución hasta llegar a cero en el número de brotes. No se han observado brotes en la sexta y séptima evaluación, pero a partir de la octava evaluación, el número de brotes incrementa y se mantiene. En cambio, en la dosis D4 se ha observado un promedio adecuado en el número de brotes durante las primeras ocho evaluaciones; sin embargo, posteriormente ha disminuido y se ha mantenido en las evaluaciones más recientes. Las demás dosis, a excepción de la D1, no presentaron un mayor número de brotes en las dos primeras evaluaciones. La dosis D1 ha fluctuado entre aumentos y disminuciones vistos en cada evaluación, manteniéndose estable a partir de la novena evaluación.

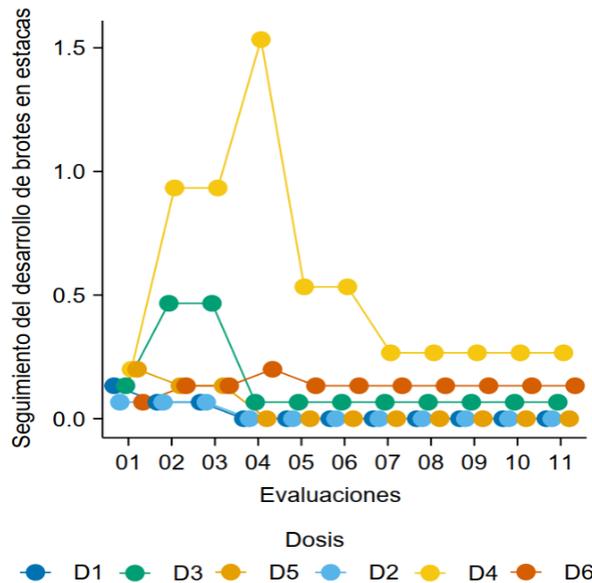
Figura 6
Tendencia de brotes a lo largo de 75 días de evaluación para *F. macbridei*



Nota: Promedio del seguimiento de brotes en once evaluaciones en la especie de *F. macbridei*.

Por otro lado, en la Figura 7, se muestra que la dosis D4 ha tenido un mayor crecimiento de brotes en las cuatro primeras evaluaciones. Posteriormente, ha ido disminuyendo a partir de la quinta y sexta evaluación. Además, la dosis D3 ha tenido un incremento en la segunda evaluación, manteniéndose en la tercera evaluación y disminuyendo en la cuarta evaluación. A partir de la cuarta evaluación se observa un valor constante. Las otras dosis han tenido brotes en las tres primeras evaluaciones, y a partir de la cuarta evaluación se han muerto (brotes 0).

Figura 7
Tendencia de brotes a lo largo de 75 días de evaluación para *F. gigantosyce*



Nota: Promedio del seguimiento de brotes en once evaluaciones en la especie de *F. gigantosyce*.

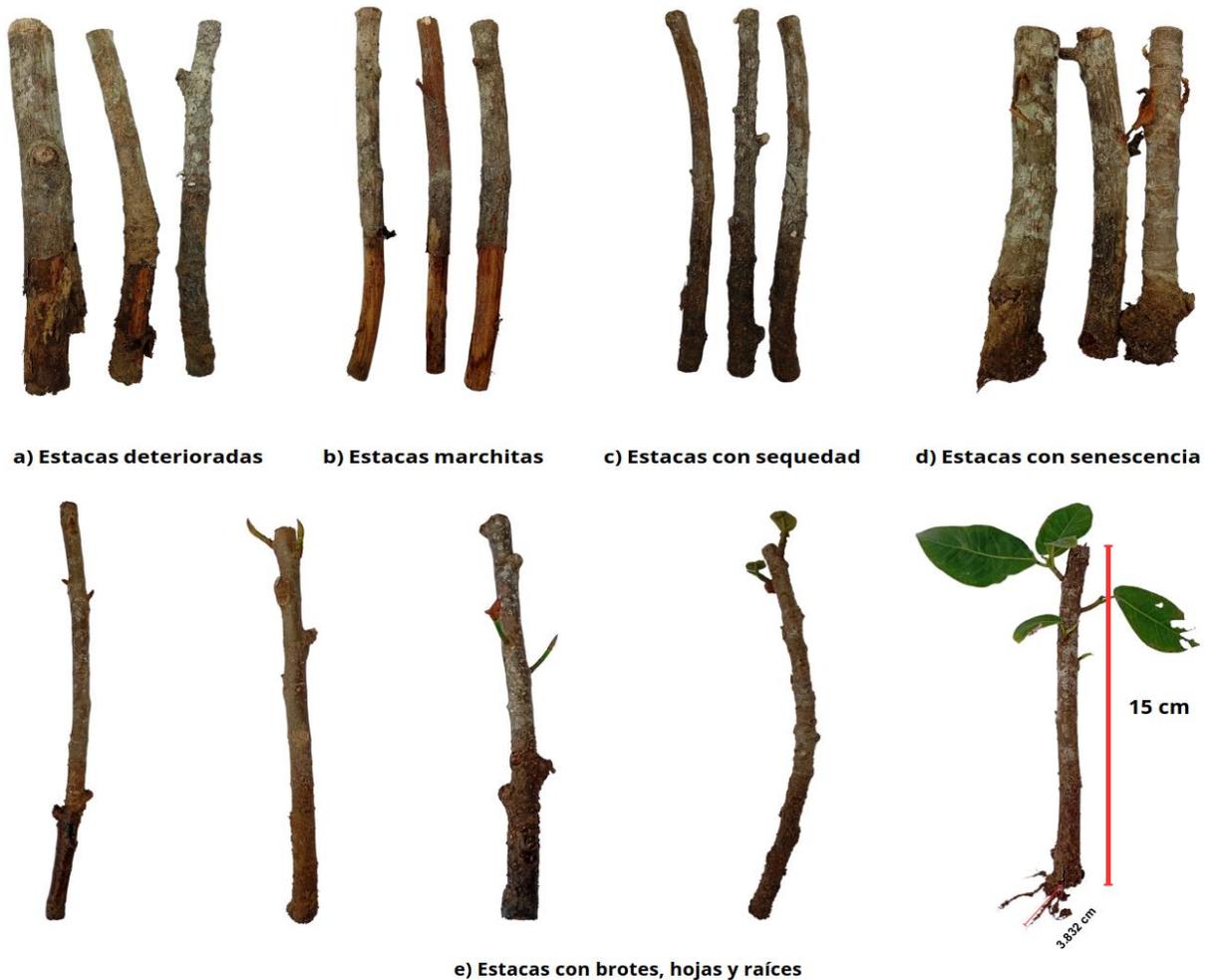
Patologías, enfermedades, deficiencia y plagas vista en la propagación vegetativa

Durante el estudio se han observado tres patologías, una deficiencia nutricional y órganos vegetales en las estacas propagadas. En Figura 8a, se aprecian tres estacas con características de desprendimiento en la corteza, cambium, y albura de la estaca (parte inferior). En la siguiente figura, se observa únicamente el duramen en la parte inferior de las estacas y en la parte superior (aérea), donde no se aplicó ácido indolacético; estos han mantenido la misma coloración de la parte inferior sin perder la corteza (Figura 8b). En las estacas de sequedad, se observa que la parte superior presentó rugosidades (Figura 8c). Por otro lado, se muestra la senescencia en las estacas; en ella se observa la muerte del brote antes de la aparición de la hoja o después de la aparición (Figura 8d). La figura 8e muestra las estacas que han formado órganos vegetativos aéreos y radiculares; esto no representa una patología.

Figura 8

Fitología de estacas de *F. gigantocyce* y *F. macbridei*

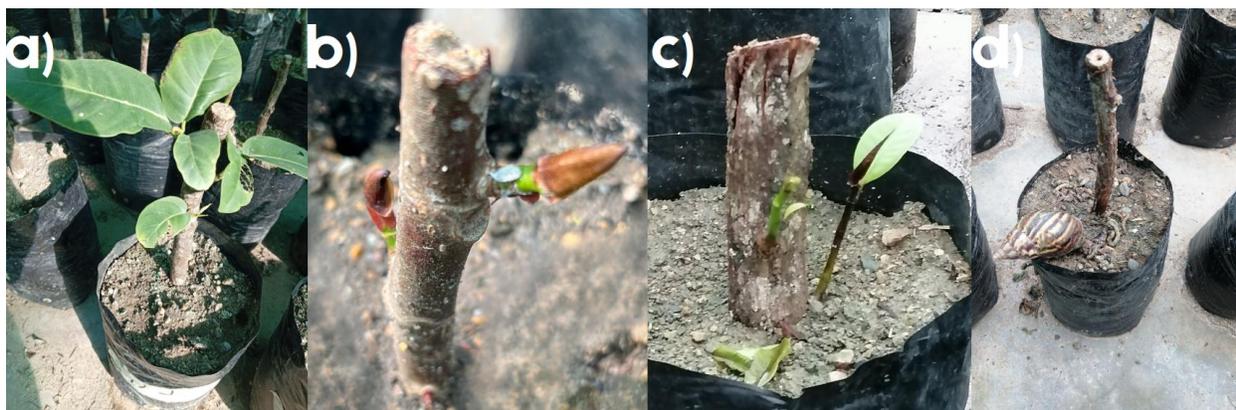
Análisis fitopatológico post-propagación en estacas de *Ficus gigantocyce* y *Ficus macbridei*



Nota: La Figura 8a muestra tres estacas deterioradas de *F. gigantocyce*. La Figura 8b y c muestra estacas de *F. macbridei*. La figura 8d muestra tres estacas con senescencia; la estaca de la izquierda pertenece a *F. gigantocyce*, mientras que las otras dos son de la especie *F. macbridei*. Por último, se muestran diferentes etapas de brotes de la especie *F. macbridei* (Figura 8e).

Para empezar, se ha observado la aparición de plagas y enfermedades durante la propagación vegetativa de *Ficus gigantosyce* Dugand y *Ficus macbridei* Standl. En la Figura 9a se muestran perforaciones en una hoja; esta es causada por un insecto (*Trialeurodes vaporariorum*), que es muy común en viveros. De la misma forma, podemos apreciar una plaga de color blanquecino en el brote; este insecto es un *Pseudococcus longispinus* (Figura 9b). En la Figura 9c, se observa una enfermedad en la estaca con características de la chupadera (*Rhizoctonia solani*), la cual afecta órganos jóvenes, como es el caso del brote en la especie de *Ficus gigantosyce*. Por último, se han observado numerosos individuos de *Cornu aspersum* (caracol de jardín) en el sustrato, y evitarlos ha sido fundamental en la propagación vegetativa (Figura 9d).

Figura 9
Incidencia de plagas, enfermedades



Nota: a) Muestra el ataque de la plaga *Trialeurodes vaporariorum* en la especie de *Ficus macbridei*. b) Muestra la presencia de *Pseudococcus longispinus* en el brote de la especie de *Ficus macbridei*. c) Muestra algunas características de la chupadera generados en la especie de *Ficus gigantosyce*. d) muestra la presencia de un caracol de jardín.

Cuantificación de Patologías, enfermedades, deficiencia y plagas vista en la propagación vegetativa.

En la tabla 2, observamos los diámetros de las estacas utilizadas en el experimento y la patología obtenida en la evaluación 11 con las seis dosis. Se observa que el diámetro mínimo y máximo es de 0.8 a 30 mm, respectivamente; además, se observa un comportamiento normal en las seis dosis con respecto al diámetro. Por otro lado, en la variable patológica se observa que la dosis D2 ha sufrido un 50% de marchitamiento; además, esta patología ha afectado un 32.2% del número evaluado del experimento. Por otro lado, la segunda patología más frecuente es la pudrición de las estacas (27.8%), siendo más afectada en las dosis D1 (15 estacas) y D6 (14 estacas). Con respecto a la sequedad, la dosis D4 (36.7%) ha sido la más afectada, y se ha observado en un 22.2% de las 180 estacas; además, se ha observado menos estacas con sequedad en las dosis D1 y D6. La senescencia ha afectado el 8.3% del total de las estacas, siendo la dosis D5 la más afectada con un 16.7% de 30 estacas. Por último, se ha observado que el 9.4% de todas las estacas fueron vivas.

Tabla 2

Análisis descriptivos de las patologías, enfermedades, deficiencia y plagas de las estacas en las diferentes dosis.

	D1 (n = 30)	D2 (n = 30)	D3 (n=30)	D4 (n = 30)	D5 (n = 30)	D6 (n = 30)	Sumatoria de dosis (n = 180)
Diámetro							
Media (SD)	10 (2)	10 (3)	10 (3)	10 (5)	10 (4)	10 (4)	10 (4)
Mediana [Min, Max]	10 [9, 20]	10 [9, 20]	10 [6, 20]	10 [0.8, 20]	10 [7, 20]	10 [8, 30]	10 [0.8, 30]
Estado de la estaca a los 75 días							
Marchitado	7 (23.3%)	15 (50.0%)	12 (40.0%)	11 (36.7%)	6 (20.0%)	7 (23.3%)	58 (32.2%)
Podrido	15 (50.0%)	3 (10.0%)	6 (20.0%)	4 (13.3%)	8 (26.7%)	14 (46.7%)	50 (27.8%)
Sequedad	3 (10.0%)	7 (23.3%)	9 (30.0%)	11 (36.7%)	7 (23.3%)	3 (10.0%)	40 (22.2%)
Senescencia	3 (10.0%)	0 (0%)	1 (3.3%)	2 (6.7%)	5 (16.7%)	4 (13.3%)	15 (8.3%)
Brotos, hojas y raíz	2 (6.7%)	5 (16.7%)	2 (6.7%)	2 (6.7%)	4 (13.3%)	2 (6.7%)	17 (9.4%)

Nota: El carácter de SD es la desviación estándar, n es el número de estacas.

La especie más afectada por estas patologías es *F. gigantosyce*, con un 92.2% de las 90 estacas; sin embargo, en *F. macridei* se observa el mayor número de estacas marchitadas, senescencia, y vivas. Además, el porcentaje de patologías afectadas es del 72.2% del número de estacas experimentales (Tabla 3).

Tabla 3

Análisis descriptivos de las patologías, enfermedades, deficiencia y plagas en las dos especies

	<i>F. gigantosyce</i>	<i>F. macridei</i>	Sumatoria de estacas (n = 180)
Diámetro			
Media (SD)	10 (4)	10 (3)	10 (4)
Mediana [Min, Max]	10 [6, 30]	10 [0.8, 20]	10 [0.8, 30]
Estado de la estaca a los 75 días			
Marchitado	25 (27.8%)	33 (36.7%)	58 (32.2%)
Podrido	31 (34.4%)	19 (21.1%)	50 (27.8%)
Sequedad	27 (30.0%)	13 (14.4%)	40 (22.2%)
Senescencia	3 (3.3%)	12 (13.3%)	15 (8.3%)
Brotos, hojas y raíz	4 (4.4%)	13 (14.4%)	17 (9.4%)

Nota: El carácter de SD es la desviación estándar, N es el número de estacas.

Discusión

Nuestro estudio destaca la importancia en la colecta del material, preparación, y acondicionamiento para la propagación vegetativa de dos especies de *Ficus* en una climatización diferente a los árboles padres. Además, este es el primer protocolo que se realiza en las especies de *Ficus gigantosyce* Dugand y *Ficus macridei* Standl. Por otro lado, los hallazgos han reportado que *F. macridei* ha propagado mejor que *Ficus gigantosyce*, reconociendo que el método empleado es adecuado para su propagación; sin embargo, para la otra especie se reconoce la causa de su no propagación en líneas posteriores.

Seguimiento de brotes

En el seguimiento semanal de brotes, la dosis D2 ha presentado el mayor número de brotes; luego le sigue la dosis D5. Es necesario recalcar que la disminución y el aumento de brotes pueden ser dados por la muerte o aparición de un nuevo brote en la estaca o en una distinta. Ya que no todas las unidades experimentales expresan brote al mismo tiempo, esto se da por la genética del material recolectado y el entorno propagado (Alvarez et al., 2021). Por otro lado, la generación de brotes

puede perjudicar la propagación vegetativa si no se tienen consideraciones de nutrientes y fitohormonas durante la producción de brotes en una estaca; como consecuencia, las estacas pueden estropearse o morir (Benedetto et al., 2023; García et al., 2018). Sin embargo, la estabilidad de brotes indica que la estaca está desarrollándose en otras partes (aérea o radicular), siendo órganos importantes para la autoalimentación misma de la planta (García et al., 2018; Saravia-Castillo et al., 2022).

Patologías, plagas y enfermedades vista en la propagación

Reconocer las patologías, las plagas, y las enfermedades en una propagación vegetativa es ideal para mantener a las plantas sanas y con buen desarrollo. En nuestro estudio se han encontrado estacas deterioradas o podridas, marchitas, con sequedad y con senescencia. Los patógenos vistos en este estudio son del complejo humectante; es decir, hongos que proliferan en ambientes altamente húmedos (Bolaños Carriel, 2024). Por otro lado, la podrición y marchitamiento de estacas podrían ser dadas por los patógenos de *Fusarium solani*, *Alternaria alternata*, y *Pythium ultimum* (Jahén-Rivera et al., 2020). Además, las condiciones ecofisiológicas del distrito de Jaén pudieron haber afectado la sequedad y senescencia de las estacas propagadas en este estudio (García et al., 2018; Guerrero et al., 2021; Lim et al., 2007).

Cuantificación de Patologías, enfermedades, deficiencia y plagas vista en la propagación durante la propagación vegetativa.

El estudio mostró que un 60% de las 180 estacas propagadas han presentado marchitamiento y deterioración. La especie *F. macriclei* ha tenido la mayor cantidad de estacas marchitadas, mientras que la especie *F. gigantocyce* ha mostrado un gran número de estacas con deterioración. Además, *F. gigantocyce* fue afectado más por la sequedad (27 estacas), y se ha demostrado que ha presentado menos estacas con brotes, hojas, y raíces. Como se mencionaba anteriormente el marchitamiento y la deterioración de la estaca está dada por hongos que proliferan en zonas relativamente húmedas (Bolaños Carriel, 2024). Por otro lado, esas diferencias de cantidades pueden deberse a la genética del material vegetativo y la edad de la planta influenciado por el clima local (Fragoso et al., 2016).

Conclusión

En conclusión, las estacas propagadas en esta investigación han sido afectadas por numerosos patógenos, plagas y enfermedades del vivero; estos son muy comunes cuando se realiza un experimento por primera vez, y no se tiene la certeza de si los métodos utilizados en otras especies y adaptados a la realidad local lograrán tener un impacto significativo en los resultados. Estos resultados negativos y positivos demuestran que se debe mejorar el método para aumentar el número de estacas propagadas de las dos especies de *Ficus* en un clima diferente. Se sugiere seguir trabajando con las dosis del estudio, incluyendo citoquininas y aminoácidos esenciales. Cuando se tengan periodos de lluvias prolongadas (clima de bosque seco), se debe evitar la humedad relativamente alta en el sustrato.

IV. DISCUSIÓN

Conocer los efectos generados por una dosis de fitohormona exógena es idóneo para la producción de plantas a través del método de propagación vegetativa (Guan et al., 2025; Ur Rahman et al., 2023; Zhao et al., 2021). Los resultados muestran que las estacas de *F. macbridei* tratadas con dosis de 50 y 200 mg de AIA generaron raíces y hojas. Además, se observó que las estacas que no fueron tratadas generaron el mayor número de brotes. En contraste, la especie de *F. gigantocyce* no presentó raíces adventicias en ninguna de las dosis aplicadas; sin embargo, se observó la emisión de brotes y hojas. Esto indica una diferencia de respuesta en el nivel de dosis y la especie del género *Ficus* (Hesami et al., 2018; Sriskanda et al., 2021; Tan et al., 2025). Además, los resultados obtenidos son relevantes porque contrastan con el rol principal de la auxina exógena en la generación de raíces adventicias (Borjas-Ventura et al., 2020; Zhao et al., 2021). Pero coincide con los estudios realizados por Benedetto et al. (2023) en la especie de *F. benjamina*, en donde las estacas tratadas con auxinas exógenas desarrollaron más la parte aérea que la radicular. Asimismo, el número de hojas producidas en esta investigación puede deberse a la presencia de citoquininas (desconocidas) y auxinas (AIA); este argumento se basa en investigaciones relacionadas con la generación de brotes, que indican que las citoquininas presentes en las estacas son responsables del crecimiento en las puntas de los brotes (Aguilar et al., 2007; A. Benedetto et al., 2015; Borjas-Ventura et al., 2020). Sin embargo, usar una gran cantidad de citoquinina en lugar de auxina ayuda a que se formen las partes aéreas, y si se invierten estas cantidades, se fomenta el crecimiento de raíces; esto se ha observado en estudios in vitro, donde se controlan los cofactores ambientales (Saravia-Castillo et al., 2022). Además, las emisiones tempranas de brotes pueden perjudicar la generación de raíces adventicias cuando hay escasez de auxinas, carbohidratos, y nutrientes (Fragoso et al., 2020; Dinant & Lemoine, 2010). Por último, la ausencia de raíces en la especie de *F. gigantocyce* podría deberse a la genotípica de la especie, ya que las dos especies fueron extraídas del mismo lugar, aplicadas con la misma auxina exógena y acondicionadas en el vivero. Se estipula la desactivación de factores de respuesta auxínica (ARF) encargados de reprimir y activar genes dentro de una célula diana, regulando la síntesis proteica relacionada con la generación de la rizogénesis en las estacas (Benedetto et al., 2015; Borjas-Ventura et al., 2020; García et al., 2018; Guilfoyle, 1999).

El análisis del desarrollo morfológico de las estacas ha presentado una diferencia de 1.09 cm (50 mg – 200 mg de AIA) en la longitud de la raíz; esto se ha observado exclusivamente en la especie de *F. macbridei*. Con respecto a las variables de área y perímetro foliar, la especie de *F. gigantocyce* mostró resultados exclusivamente en las dosis de 150 y 250 mg de AIA. Contrariamente, la especie de *F. macbridei* mostró respuestas a todas las dosis. Por otro lado, la parte aérea y radicular en una estaca es importante porque se llega a determinar el vigour de una especie. En cambio, algunos autores consideran las raíces y los brotes de una estaca como características importantes (Benedetto et al., 2015; Fragoso et al., 2020; Fierli et al., 2023; Garg et al., 2024). Como se ha venido mencionando en párrafos anteriores, esta investigación concuerda con los resultados de que se desarrolló más la parte aérea que la parte radicular. Por otro lado, los resultados de longitud de la raíz en esta investigación pueden estar relacionados con el contenido de lignina en los árboles progenitores, especificando las ramas secundarias; una mayor concentración de lignina en las estacas reduce la capacidad para generar nuevas raíces mediante la

elongación y el engrosamiento, siendo vinculada con la edad del árbol padre o las reservas nutricionales (Morant et al., 2010; Qian et al., 2025; Wang et al., 2025; Zhi et al., 2025). Además, se conoce que el cambio de factores ambientales (transporte de estaca) y la generación de patógenos (*Fusarium solani*, *Alternaria alternata*, y *Pythium ultimum*) durante la propagación pueden afectar la generación de raíces adventicias (García Forero, 2002; Jahén-Rivera et al., 2020; Tinco Mamani, 2024). Asimismo, la emisión de brotes y hojas en estacas de cualquier espécimen indica una propagación exitosa sin certeza (Yousaf et al., 2019). La aparición de brotes y hojas está relacionada con las reservas nutricionales de cada estaca que permiten consumirse en las escalas metabólicas para dar sustento a funciones principales, tales como el crecimiento longitudinal del brote y el área de las hojas (Betts et al., 2017; Wang et al., 2025). Los resultados, como el perímetro y el área foliar, han demostrado una diferencia entre dosis y especies. Esto puede estar relacionado con el órgano encargado de la fotosíntesis (cloroplastos), que a su vez se relaciona con el porcentaje de luz recibida, los nutrientes del suelo y la concentración de dosis (Cackett et al., 2022; Possingham & Saurer, 1969). Además, una menor concentración de luz en las estacas permite desarrollar una mayor área foliar para adaptarse al entorno (Arévalo-Gardini et al., 2021; Hesami et al., 2018). En resumen, podemos suponer que la concentración de lignina en estacas es algo importante para la generación de raíces; por otro lado, la generación de brotes y hojas observadas puede ser dada por las reservas nutricionales y hormonales de las estacas. Por último, los cambios drásticos de cofactores ambientales expuestos en el transporte de las estacas y la propagación vegetativa pueden influir en la proporción del tamaño foliar y radicular.

El protocolo de este estudio es una herramienta que facilitará la propagación masiva de *F. macbridei* en un clima diferente al de los árboles originales, como se ha mostrado en párrafos anteriores; también ha ayudado a identificar las fallas metodológicas que permitirán prevenir y mejorar el método propuesto en esta investigación. Por otro lado, los protocolos de propagación vegetativa emplean fitohormonas exógenas para maximizar el prendimiento y adaptación de la especie, siendo recursos idóneos en donde no se tiene la certeza de su éxito (Cortes et al., 2018). Esto constata con diversos protocolos publicados de propagación vegetativa, haciendo mención en los detalles que se deben de mejorar y priorizar (Duarte et al., 2022; Pedroza-Manrique & Bejarano-Tibocha, 2008).

V. CONCLUSIÓN

- Los hallazgos de este estudio permitieron conocer la comprensión de los efectos del ácido indolacético en la propagación vegetativa de *F. macbridei* y *F. gigantocyce* tratadas con diferentes dosis. Además, se ha proporcionado información sobre el prendimiento de las especies bajo condiciones climáticas adversas. Como resultado, se ha demostrado que *F. macbridei* ha producido brotes y raíces adventicias en las estacas tratadas con 50 y 200 mg.
- Se ha determinado la mejor concentración del ácido indolacético, que aceleró la tasa de enraizamiento y el desarrollo tanto de hojas como de brotes. Esto permitirá conocer qué dosis influyen en el prendimiento de estacas propagadas bajo condiciones climáticas adversas. Como resultado, la dosis de 200 mg presentó el mayor promedio de estacas con hojas; en cambio, la dosis de 50 mg ha presentado los mejores resultados en otras variables del estudio. Esto demuestra la posibilidad de que las estacas se adapten al entorno. Por otro lado, la especie de *F. gigantocyce* no mostró resultados significativos.
- Se analizó y evaluó el desarrollo morfológico de las estacas tratadas con diferentes concentraciones de ácido indolacético. Los resultados han mostrado que la especie de *F. gigantocyce* en todas las estacas no ha desarrollado sistema radicular, al igual que la especie de *F. macbridei*, a excepción de las dosis de 50 y 200 mg. Estos hallazgos resaltan la importancia de usar fitohormonas exógenas y controlar los cofactores ambientales cuando se realice la propagación vegetativa de estas especies de *Ficus* en condiciones climáticas diferentes a los árboles progenitores.
- Se elaboró un protocolo de propagación vegetativa de *F. gigantocyce* y *F. macbridei*; este permitirá dar a conocer los detalles del experimento y el seguimiento de las estacas. Además, se detallaron las patologías, enfermedades, deficiencias y plagas desarrolladas durante la propagación vegetativa de estas dos especies. Esta herramienta resalta la importancia de usar fitohormonas exógenas durante la propagación vegetativa y el control de la propagación vegetativa para prevenir las patologías, enfermedades, deficiencias y plagas de estacas de dos especies de *Ficus*.

VI. RECOMENDACIÓN

Se sugiere en futuras investigaciones utilizar el método propuesto en el área de procedencia del material vegetativo y trabajar con tratamientos de auxinas, citoquininas, y aminoácidos esenciales no solo para estas especies, sino también para otras especies perennes, y aumentar el tiempo de evaluación. Además, se recomienda prevenir la aparición de patógenos mediante métodos de descarte (sacar las estacas con síntomas) para evitar que afecten otras estacas. Por otro lado, si se emplea en zonas de clima cálido propias del bosque seco, en donde las épocas de lluvias son cortas pero persistentes, se recomienda dejar expuesta la malla de luz para evitar la aparición de patógenos. Si se emplea otro tipo de aplicación de hormonas, se recomienda estudiar el mismo pesaje de una dosis junto a lo mencionado en las primeras líneas de esta recomendación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., Melgarejo, L. M., & Romero, M. (2007). Fitohormonas. *Departamento de biología. Universidad de Colombia. Bogotá.*
- Alvarado-Aguayo, A., & Munzón-Quintana, M. (2020). Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de ficus benjamina. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 65-78.
- Alvarez, M. A., Aschero, V., Barros, A. A., Bilbao, T., Bonjour, L. de J., Fernández, M. E., & Pissolito, C. I. (2021a). *Reproducción de plantas nativas de la precordillera mendocina para la restauración de postincendios*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto Argentino de Nivología y Glaciología. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/173821>
- Arévalo-Gardini, E., Farfán, A., Barraza, F., Arévalo-Hernández, C. O., Zúñiga-Cernades, L. B., Alegre, J., & Baligar, V. C. (2021). Growth, Physiological, Nutrient-Uptake-Efficiency and Shade-Tolerance Responses of Cacao Genotypes under Different Shades. *Agronomy*, 11(8), 1536. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081536>
- Babington, A., Hughes, M., Farrell, C., Chambers, J., & Standish, R. J. (2025). Resprout survival and vigour in urban woody plantings are related to water availability, climate of origin, and root morphology. *Urban Forestry & Urban Greening*, 107, 128783. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128783>
- Baque Bustamante, W. A., & Martínez Sánchez, M. S. (2021). *Diseño experimental aplicado a ciencias agrarias y comerciales con ejercicios resueltos en Rstudio, infostat, minitab y SPSS.*

- Benedetto, A. D., Galmarini, C., & Tognetti, J. (2023). Analysis of exogenous auxin and cytokinin action in overcoming root restriction in green and variegated Benjamin fig. *Ornamental Horticulture*, 29, 76-86. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i1.2502>
- Benedetto, A.D, Galmarini, C., & Tognetti, J. (2015). Effects of combined or single exogenous auxin and/or cytokinin applications on growth and leaf area development in *Epipremnum aureum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90, 643-654. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11668727>
- Berg, C. C. (1989). Classification and distribution of *Ficus*. *Experientia*, 45(7), 605-611. <https://doi.org/10.1007/BF01975677>
- Betts, N. S., Wilkinson, L. G., Khor, S. F., Shirley, N. J., Lok, F., Skadhauge, B., Burton, R. A., Fincher, G. B., & Collins, H. M. (2017). Morphology, Carbohydrate Distribution, Gene Expression, and Enzymatic Activities Related to Cell Wall Hydrolysis in Four Barley Varieties during Simulated Malting. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01872>
- Bolaños Carriel, C. (2024). El complejo de patógenos causantes del “damping-off”: Manejo de la resistencia y desarrollo de poblaciones recombinantes para explotar la resistencia genética en suelo. *Siembra*, 11. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2477-88502024000200028&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.

- Bruce, P., Bruce, A., & Gedeck, P. (2022). *Estadística práctica para ciencia de datos con R y Python*. Marcombo.
- Cackett, L., Luginbuehl, L. H., Schreier, T. B., Lopez-Juez, E., & Hibberd, J. M. (2022). Chloroplast development in green plant tissues: The interplay between light, hormone, and transcriptional regulation. *New Phytologist*, 233(5), 2000-2016. <https://doi.org/10.1111/nph.17839>
- Centro Experimental Yanayacu, I. (2024). *Vivero del Centro Experimental Yanayacu—Jaén*. [Map].
- Cortes, J. S. A., Pérez, M. G. C., & Mora, R. M. S. (2018). Importancia de los cultivos vegetales *in vitro* para establecer bancos de germoplasma y su uso en investigación. *Biociencias (UNAD)*, 1(1), Article 1. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/index>
- De Oliveira Fragoso, R., Stuepp, C. A., Carpanezzi, A. A., Wendling, I., Zuffellato Ribas, K. C., Soares Koehler, H., de Oliveira Fragoso, R., Stuepp, C. A., Carpanezzi, A. A., Wendling, I., Zuffellato Ribas, K. C., & Soares Koehler, H. (2020). Ficus enormis cuttings rooting: Concentrations of indole butyric acid and seasonal variations. *Bosque (Valdivia)*, 41(3), 373-379. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000300373>
- Delgado-Paredes, G. E., Rojas-Idrogo, C., Esquerre-Ibañez, B., Vásquez-Díaz, C., Silva, Z.-D., & Kuethe, J. (2023). Micropropagación y conservación de germoplasma de Ficus americana Aubl. y F. obtusifolia Kunth de Lambayeque (Perú). *Colombia forestal*, 26(1), 92-108.
- Dinant, S., & Lemoine, R. (2010). The phloem pathway: New issues and old debates. *Comptes Rendus Biologies*, 333(4), 307-319. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.01.006>
- Duarte, E. R., Schamne, D. R., Domínguez, J., Niella, F. O., Keller, H. A., & Rocha, S. P. (2022). Protocolo de propagación vegetativa de Hedeoma teyucuaensis especie medicinal

- endémica en peligro de extinción. *Acta Agronómica*, 70(4), Article 4.
<https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.84972>
- Engler, J. B. (2025). TidypLOTS empowers life scientists with easy code-based data visualization. *iMeta*, 4(2), e70018. <https://doi.org/10.1002/imt2.70018>
- Fierli, D., Barone, M. E., Donnell, A. M., Conlon, T., & Touzet, N. (2023). Combined application of exogenous phytohormones and blue light illumination to the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Algal Research*, 71, 103052.
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103052>
- Fragoso, R. de O., Stuepp, C. A., Carpanezzi, A. A., Wendling, I., Zuffellato-Ribas, K. C., & Koehler, H. S. (2016). Substratos renováveis na produção de mudas de *Ficus* *enormis* proveniente de jardim clonal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(88), Article 88.
<https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1246>
- García, A., Héctor Ardisana, E., Cué García, J., & Vallejos, M. (2018). *Fisiología Vegetal Volumen I: Nutrición hídrica y mineral de las plantas*.
- García Forero, D. (2002). Protocolo para la propagación vegetativa de las especies *Tabebuia rosea* (bertol) DC. y *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken por medio de propagulos. *Colombia forestal*, 7(15), 109-117.
- Garg, T., Kumar, A., Joshi, A., Awasthi, A., Rana, A., Kumar, V., & Kaur, S. (2024). The role of phytohormones in reducing the arsenic-induced stress in plants. *South African Journal of Botany*, 168, 296-315. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.03.020>
- Guan, Y., Li, L., Wang, D., Zhou, J., Qi, W., Cheng, Y., Jiang, Y., Du, Q., Zhang, D., & Quan, M. (2025). Multifaceted functions of strigolactones in annual and perennial plants:

- Developmental regulation, phytohormone crosstalk and abiotic stresses. *Plant Stress*, 16, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100895>
- Guerrero, M. J., Herrera, J. A., & Fischer, G. (2021). Aspectos de la fisiología y el cultivo del lulo (Solanum quitoense LAM.) en Colombia: Una revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.22490/21456453.4641>
- Guilfoyle, T. J. (1999). Chapter 19—Auxin-regulated genes and promoters. En P. J. J. Hooykaas, M. A. Hall, & K. R. Libbenga (Eds.), *New Comprehensive Biochemistry* (Vol. 33, pp. 423-459). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0167-7306\(08\)60499-8](https://doi.org/10.1016/S0167-7306(08)60499-8)
- Hasnat, H., Alam, S., Akter Shompa, S., Saha, T., Richi, F. T., Hossain, Md. H., Zaman, A., Zeng, C., Shao, C., Wang, S., Geng, P., & Al Mamun, A. (2024). Maravillas fitofarmacológicas del género *Ficus*: Perspectivas etnofarmacológicas y tesoros fitoquímicos de productos naturales. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 32(12), 102211. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2024.102211>
- Herrera Vázquez, J. (2023). *Auxinas en el enraizamiento de miniestacas leñosas y semileñosas en higo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/20533>
- Hesami, M., Daneshvar, M. H., Yoosefzadeh-Najafabadi, M., & Alizadeh, M. (2018). Effect of plant growth regulators on indirect shoot organogenesis of *Ficus religiosa* through seedling derived petiole segments. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(1), 175-180. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.11.001>
- Iglesias Gutiérrez, L., Prieto Ruíz, J., & Alarcón Bustamante, E. (2020). La propagación vegetativa de plantas forestales | Revista Mexicana de Ciencias Forestales. En *Vol. 21 Núm. 79 (1996): Ciencia Forestal en México*.

- Jahén-Rivera, S. N., Gómez-Rodríguez, O., Espinosa-Victoria, D., Jahén-Rivera, S. N., Gómez-Rodríguez, O., & Espinosa-Victoria, D. (2020). Aislamiento e identificación de patógenos causantes de la pudrición del tallo de la higuera (*Ficus carica*). *Revista mexicana de fitopatología*, 38(2), 269-279. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2001-6>
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). Fisiología Vegetal*, 1-28.
- Kannan, M. P., Sreeraman, S., Arokiyaraj, S., Sundaram, V., Babu Singh Kushwah, R., Bupesh, G., Mausoom Phukan, M., Paul, A., Thirunavukarasou, A., Almutairi, M. H., & Daniel Amalorpavanaden, N. (2024). Explorando los principales fitocompuestos bioactivos de *Ficus racemosa* y sus actividades farmacológicas clave. *Journal of King Saud University - Science*, 36(1), 102956. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102956>
- Lim, P. O., Kim, H. J., & Nam, H. G. (2007). Leaf senescence. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 115-136. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105316>
- Matkowski, H., & Daszkowska–Golec, A. (2025). Wisdom comes after facts – An update on plants priming using phytohormones. *Journal of Plant Physiology*, 305, 154414. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2024.154414>
- Mawa, S., Husain, K., & Jantan, I. (2013). *Ficus carica* L.(Moraceae): Phytochemistry, traditional uses and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 974256.
- Meñiza, J. F., Pasco, M. M., & Alimbon, J. A. (2024). A review of ethnobotanical studies reveals over 500 medicinal plants in Mindanao, Philippines. *Plant Diversity*, 46(5), 551-564. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2024.05.001>

- Morant, M., Ekstrøm, C., Ulvskov, P., Kristensen, C., Rudemo, M., Olsen, C. E., Hansen, J., Jørgensen, K., Jørgensen, B., Møller, B. L., & Bak, S. (2010). Metabolomic, Transcriptional, Hormonal, and Signaling Cross-Talk in *Superroot2*. *Molecular Plant*, 3(1), 192-211. <https://doi.org/10.1093/mp/ssp098>
- Mulyani, Y. A., Kusriani, M. D., & Mardiasuti, A. (2021). Diversity of fig trees in a tropical urban residential area of Sentul City, Bogor, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 918(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/918/1/012013>
- Pedroza-Manrique, J. A., & Bejarano-Tibocha, A. (2008). Propagación vegetativa in vitro de *Puya santossi*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, X(1), 36-48.
- Pérez-Vega, J., Rodríguez, L. A., & Parrado-Rosselli, Á. (2011). Ensayos de propagación de algunas especies forestales aptas para el manejo de la microcuenca La Lejía, Cundinamarca, Colombia. *Revista científica*, 14(2), 124-137.
- Possingham, J. V., & Saurer, W. (1969). Changes in chloroplast number per cell during leaf development in spinach. *Planta*, 86(2), 186-194. <https://doi.org/10.1007/BF00379826>
- Qian, N., Wang, L., Li, G., Dong, C., Liu, Q., & Zhou, G. (2025). Seasonal patterns between wood formation and non-structural carbohydrate in two conifers with distinct life-history traits. *Environmental and Experimental Botany*, 233, 106141. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2025.106141>
- Reynel, C. (2024). Ficus of Peru. *Revista Forestal Del Perú*, 39(3), Article 3. <https://doi.org/10.21704/rfp.v39i3.2189>
- Rincón Guerrero, N., Olarte Quintero, M. A., & Pérez Naranjo, J. C. (2012). Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6399-6405.

- Rodríguez Franco, J., Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Jiménez, E. C. (2017). *Estadística para administración*. Grupo Editorial Patria.
- Saravia-Castillo, G., Figueroa, L. T. y, & Borjas-Ventura, R. (2022). Auxins and Cytokinins elicit a differentiated response in the formation of shoots and roots in *Cattleya maxima* Lindl and *Phalaenopsis amabilis* (L) Blume. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.006>
- Shi, Y., Mon, A. M., Fu, Y., Zhang, Y., Wang, C., Yang, X., & Wang, Y. (2018). El género *Ficus* (Moraceae) utilizado en la dieta: Su diversidad vegetal, distribución, usos tradicionales e importancia etnofarmacológica. *Journal of Ethnopharmacology*, 226, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.07.027>
- Soto, L., Jasso Mata, J., Vargas Hernández, J., González Rosas, H., & Cetina Alcalá, V. (2006). Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de *Ficus benjamina* L. en diferentes épocas del año. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 2(3), 795-814.
- Sriskanda, D., Liew, Y. X., Khor, S. P., Merican, F., Subramaniam, S., & Chew, B. L. (2021). Un protocolo eficiente de micropropagación para *Ficus carica* cv. Golden Orphan, adecuado para propagación masiva. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 38, 102225. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102225>
- Swarts, A., Matsiliza-Mlathi, B., & Kleynhans, R. (2018). Enraizamiento y supervivencia de esquejes de *Lobostemon fruticosus* (L) H. Buek según la estación, el medio y la posición del corte. *South African Journal of Botany*, 119, 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.08.019>

- Tan, L. V., Chin, C. K., Lee, E. H.-C., Subramaniam, S., Murugaiyah, V., & Chew, B. L. (2025). Propagación in vitro de los cultivares «Texas Everbearing» y «Lisa» de *Ficus carica* L. mediante explantos de segmentos nodales y el potencial antihiper glucémico de sus extractos de hojas en ratas diabéticas inducidas por STZ. *South African Journal of Botany*, *185*, 169-181. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.07.044>
- Tarnowki, C. G. (2021). Evaluación de dos técnicas de acodamiento para la propagación vegetativa del algarrobo *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, *20*(1). <https://doi.org/10.14409/fa.v20i1.10272>
- Tinco Mamani, E. (2024). Propagación de estacas de higo (*Ficus carica* L.) bajo enraizadores naturales en distintos tiempos de sumersión. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *11*(1), 47-56.
- Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, 143-162.
- Ur Rahman, S., Li, Y., Hussain, S., Hussain, B., Khan, W.-D., Riaz, L., Nadeem Ashraf, M., Athar Khaliq, M., Du, Z., & Cheng, H. (2023). Role of phytohormones in heavy metal tolerance in plants: A review. *Ecological Indicators*, *146*, 109844. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109844>
- Van der Walt, S., Schönberger, J. L., Nunez-Iglesias, J., Boulogne, F., Warner, J. D., Yager, N., Gouillart, E., & Yu, T. (2014). scikit-image: Image processing in Python. *PeerJ*, *2*, e453.
- Vasquez Victoria, A. (2001). *Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia*.
- Wang, N., Ji, H., Li, Q., Wu, P., Yi, S., Li, H., & Liu, X. (2025). Seasonal dynamics of non-structural carbohydrates in new twigs and old branches of *Vitex negundo* Var. *Heterophylla*

- under three densities of *Robinia pseudoacacia* forests. *BMC Plant Biology*, 25(1), 452.
<https://doi.org/10.1186/s12870-025-06500-2>
- Zappi, D., Brako, L., & Zarucchi, J. (1994). Catalogue of the flowering Plants and Gymnosperms of Perú. *Kew Bulletin*, 49(4), 831.
- Zhao, N., Ze, S., Liu, N., Hu, L., Ji, M., Li, Q., & Yang, B. (2021). La aplicación de fitohormonas exógenas y el análisis del transcriptoma de *Mikania micrantha* brindan información para una posible estrategia de control. *Genomics*, 113(3), 964-975.
<https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.02.008>
- Zheng, T., Wei, L., Xiang, J., Zheng, W., Wu, J., & Cheng, J. (2025). Sustratos de enraizamiento óptimos y regulación hormonal mediante un análisis multiómico durante el enraizamiento de esquejes de *Vitis davidii*. *Plant Stress*, 16, 100851.
<https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100851>
- Zhi, X., Bian, X., Huang, F., Li, Y., Cao, Y., Gun, S., & Ma, N. (2025). Differential effects of non-structural carbohydrate allocation and C:N:P:K stoichiometry of rapeseed roots in diverse soil environments. *Industrial Crops and Products*, 225, 120542.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120542>

VIII. AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Magister Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga y al Doctor Cirilo Mario Caira Mamani, quienes creyeron y me dieron su confianza en cada proceso de esta tesis. También se agradece a la actual comisión organizadora de la Universidad Nacional de Jaén, quienes impulsaron el primer concurso de investigación del 2024, en donde fui el segundo ganador. También se agradece al Mg. Tineo Flores Daniel, Mg. Goñas Goñas MallurI, Mg. Oblitas Troyes Jhon Franklin, Ing. Alvarez Robledo Yeltsin Abel, Tarrillo Julca Ever, Gómez Fernández Darwin, Ing. Chuquibala Checan Beimer, Ing. Arce Inga Marielita, Ing. Tafur Culqui Josué, Ing. Atalaya Marin Nilton, Ing. Torres Herrera Pedro Alejandro, Ing. Fernandez Jibaja Jorge Antonio, Ing. Cubas Sanchez Jefferson Anthony, Ing. Ing. Olano Camán Yadhira Milagros, Bach. Cruz Malca Jonathan Michael, Bach. Barrazueta Campos Mauro Adel, al estudiante Maycol Hurtado Copia, Bach. Sánchez Fuentes Teiser, Téc. Agro Maluquiz Huamán Pepe y el Téc. Agro Monteza Diaz Gian Marcos.

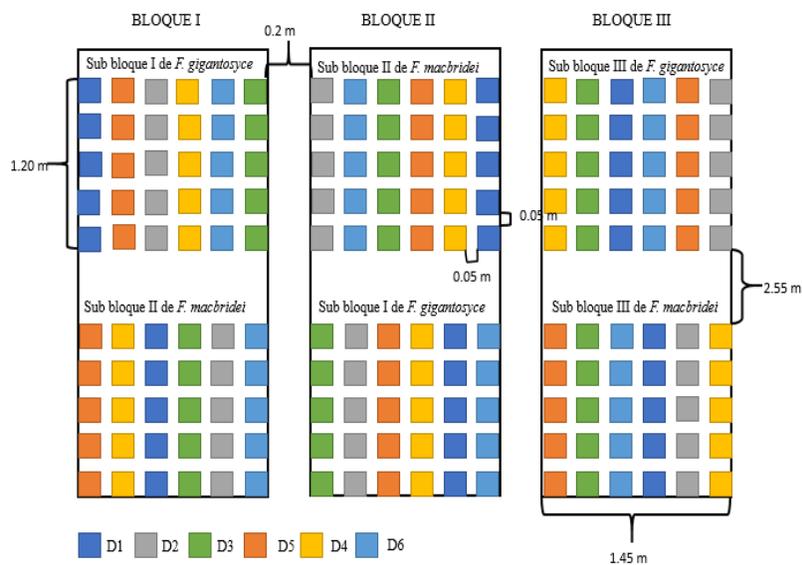
IX. DEDICATORIA

Con sinceridad y humildad, esta tesis va dedicada a Dios, cuyo amor no me ha faltado durante la creación de cada palabra, oración y párrafo de esta tesis. Además, dedico esto a cada integrante de mi familia y en memoria de mi querida abuela Vicenta Medina Chuque. También extendo la dedicatoria a mis amigos del trabajo, colegas de la universidad y amigos de mi colegio e infancia. Quienes me promocionaron motivación durante la ejecución y la escritura de la tesis.

X. ANEXOS

Anexo 1 Diseño factorial de bloques completamente aleatorios

Figura 10
Distribución de los tratamientos y bloques para este estudio



Nota: Esta figura representa al número de bloques y su distribución al azar de los tratamientos

Figura 11
Ubicación real de los sub bloques



Nota: Esta figura representa la ubicación exacta de cada sub bloque.

Anexo 2

Evaluación de supuestos

Para evaluar las suposiciones estadísticas, se tomaron en cuenta las variables que dependen de otras, como la tasa de enraizamiento (TE), el promedio de estacas con hojas (PH), el incremento porcentual de brotes (IPB) y el incremento la tasa de brotes (ITB); también se identificaron las variables categóricas, como las especies (ESPE) y las dosis (trt), como variables independientes. Los códigos de RStudio utilizados en la evaluación de los supuestos estadísticos son los siguientes:

Figura 12
Script para evaluación de supuestos

```
#Paquetes y datos utilizados
library(esquisse)
library(palmerpenguins)
library(MASS)
library(readr)
#data
df <- read_delim("IMAGENES/data.csv", delim = ";",
                escape_double = FALSE, trim_ws = TRUE)
#las variables categóricas se
#convierte en factor
df$blq <- factor(df$blq)
df$ESPE <- factor(df$ESPE)
df$trt <- factor(df$trt)
#Se crea una variable que abarca la regresión lineal.
Mod <- lm(df$TE ~ df$ESPE + df$trt + df$trt*df$ESPE -1 , data=df)
#nota df$TE puede ser cambiada por las otras variables dependientes
# Verificación con imágenes
sresid <- studres(Mod)
hist(Mod$residuals)
hist(sresid, freq=FALSE,main="Distribution of Studentized Residuals")
xfit<-seq(min(sresid),max(sresid),length=40)
yfit<-dnorm(xfit)
lines(xfit, yfit)
plot(Mod, 1)
plot(Mod, 2)
plot(Mod, 3)
plot(Mod, 5)
```

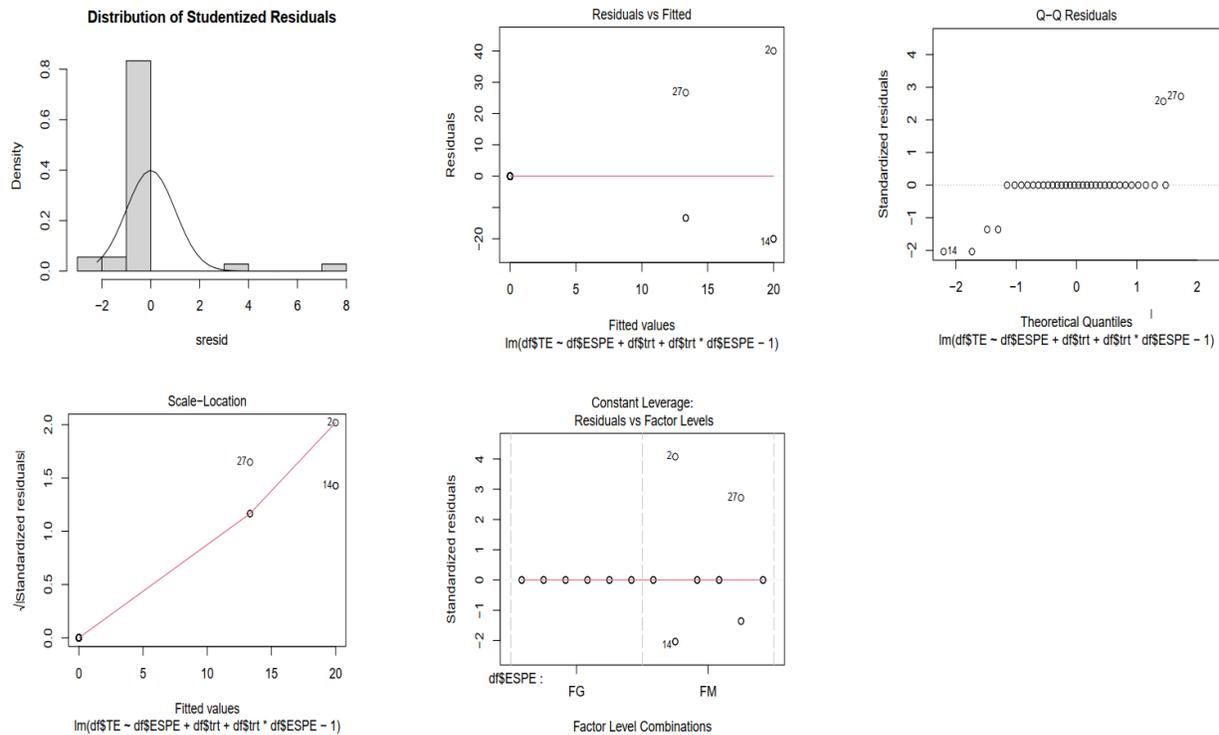
Nota: Este script permite evaluar los supuestos estadísticos mediante gráficos.

Resultados obtenidos

Los resultados muestran que la variable tasa de enraizamiento presentó una distribución sesgada a la izquierda; además, los datos residuales contra los valores ajustados presentaron similitudes entre puntos; en cambio, el gráfico de Q-Q residual no presenta una tendencia lineal (Figura 13). Con base en estos resultados, se argumenta que la variable tasa de enraizamiento no es adecuada para análisis de significancias paramétricas, como ANOVA.

Figura 13

Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta “tasa de enraizamiento”



Si comparamos con la figura anterior, podemos observar lo contrario en las Figuras 14, 15, y 16, que presentan histogramas centrados, puntos dispersos, y tendencias centrales. Esto indica que las variables del promedio de estacas con hojas (PH), el incremento porcentual de brotes (IPB), y el incremento de la tasa de brotes (ITB) cumplen los supuestos estadísticos.

Figura 14

Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta "el promedio foliar"

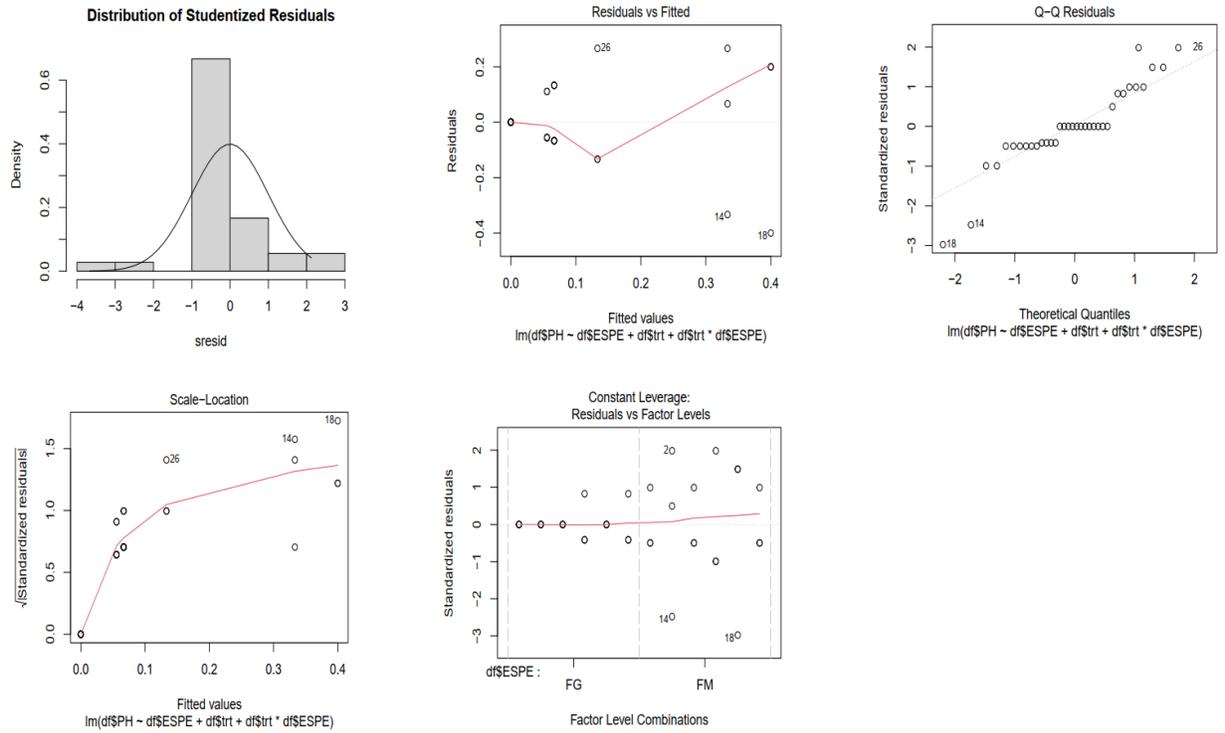


Figura 15

Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta el incremento porcentual de brotes (IPB)

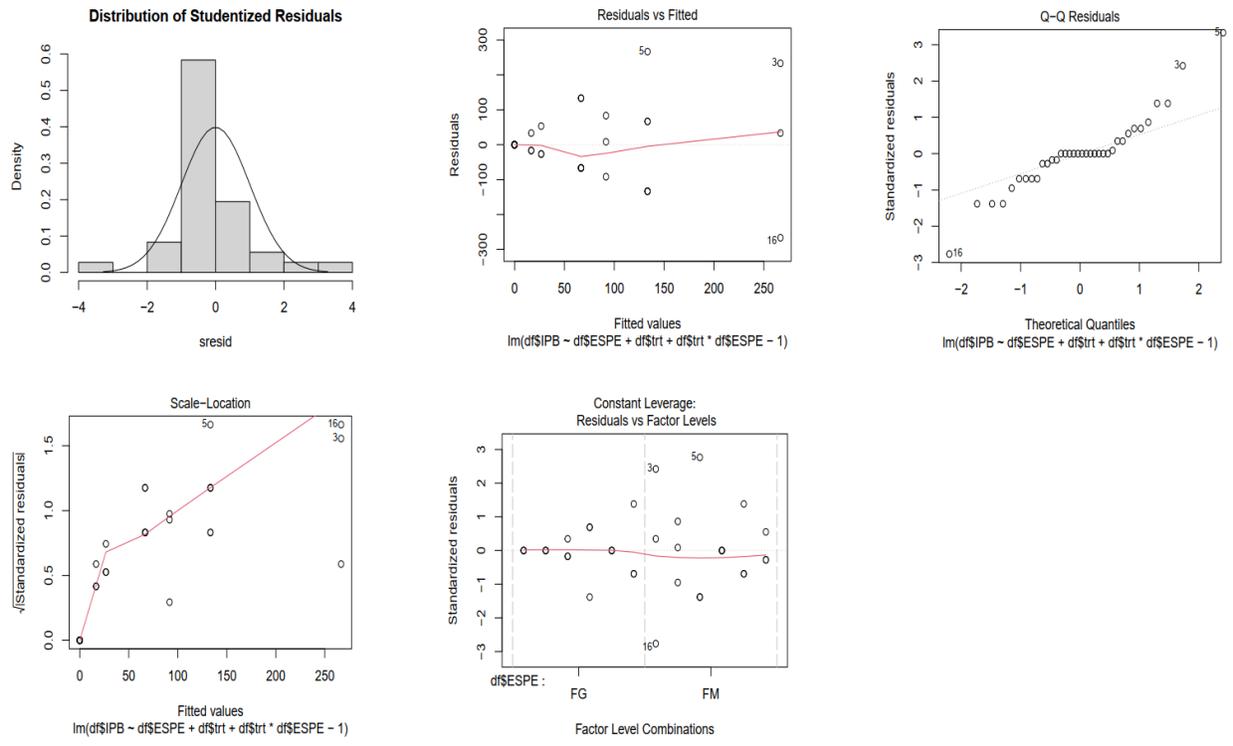
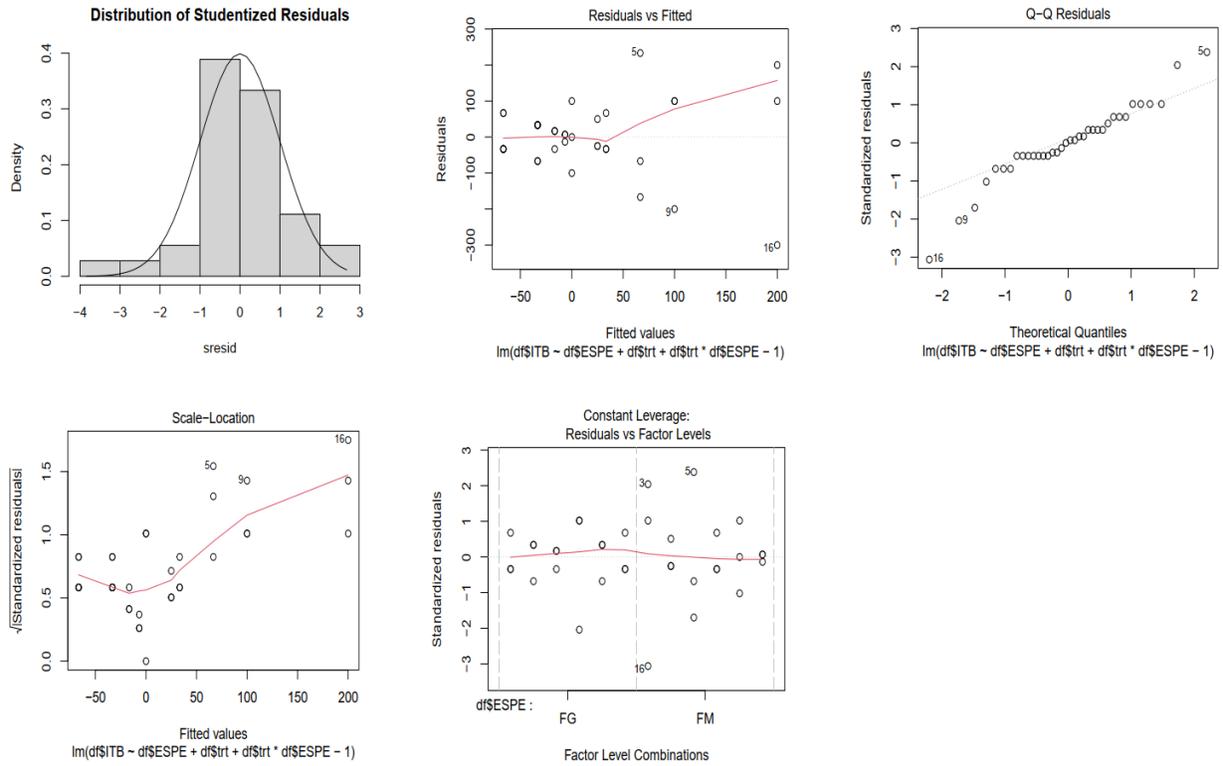


Figura 16

Los gráficos de los residuos diagnosticados para la variable de respuesta el incremento de la tasa de brotes



Anexo 3

Procesamiento del objetivo primer objetivo

Antes de tomar cualquier decisión, es necesario hacer el procesamiento ya establecido en la estadística de la significancia. En la actualidad, existen diferentes paquetes o librerías de diferentes lenguajes de programación gratuitos que permiten verificar la significación de un conjunto de datos. Además, las gráficas presentadas en esta tesis mediante códigos de tidyplot (<https://tidyplots.org/>). A continuación, se muestran algunos paquetes y códigos de RStudio.

Figura 17
Script para analizar el ANOVA y Tukey

```
# anova
library(ARTool)
library(dplyr)
library(agricolae)
df <- data
# Convertir a factores
df$ESPE <- as.factor(df$ESPE)
df$trt <- as.factor(df$trt)
# ANOVA
anova_result <- aov(PH ~ ESPE * trt, data = df)
anova_result1 <- aov(IPB ~ trt*ESPE, data = df)
anova_result2 <- aov(ITB ~ trt*ESPE, data = df)
summary(anova_result)
summary(anova_result1)
summary(anova_result2)
# Prueba de tukey
#Nota: # se puede cambiar ESPE por trt y la categoría IPB
#por PH y ITB
tukey <- HSD.test(anova_result2, "ESPE", group = TRUE)
tukey_letras <- tukey$groups %>%
  mutate(ESPE = rownames(tukey$groups)) %>%
  select(ESPE, groups) %>% rename(Letra = groups)
# se crea una tabla
tabla_resumen <- df %>%
  group_by(ESPE) %>%
  summarise(Promedio = mean(ITB, na.rm = TRUE),
            SD = sd(IPB, na.rm = TRUE),
            .groups = "drop") %>%
  left_join(tukey_letras, by = "ESPE")
|tabla_resumen
```

Nota: Este script permite dar resultados de un análisis de datos en ANOVA y Tukey.

Resultados del ANOVA

Los resultados de ANOVA evidencian que hay diferencias significativas entre especies vistas en la variable de promedio de estacas con hojas (PH) (Figura 18); además, en la variable del incremento de la tasa de brotes (ITB) hay una diferencia marginalmente significativa entre tratamiento y especie (Figura 19). Por último, no se observaron diferencias significativas en el incremento porcentual de brotes (IPB) (Figura 20).

Figura 18

Resultados generados por el script ANOVA para la variable PH

```
> # ANOVA
> anova_result <- aov(PH ~ ESPE * trt, data = df)
> summary(anova_result)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
ESPE   1  0.2283  0.22827    8.424 0.00782 **
trt    5  0.1491  0.02983    1.101 0.38589
ESPE:trt 5  0.2010  0.04020    1.483 0.23214
Residuals 24  0.6504  0.02710
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

Nota: el número de * indica el nivel de significancia, estando por debajo de 0.05 de P-valúo.

Figura 19

Resultados generados por el script ANOVA para la variable ITB

```
> anova_result2 <- aov(ITB ~ trt*ESPE, data = df)
> summary(anova_result2)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    5  24753    4951    0.344 0.8812
ESPE   1  13806   13806    0.959 0.3373
trt:ESPE 5 154115   30823    2.140 0.0951 .
Residuals 24 345683   14403
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Nota: el número de * indica el nivel de significancia, estando por debajo de 0.05 de P-valúo.

Figura 20

Resultados generados por el script ANOVA para la variable IPB

```
> anova_result1 <- aov(IPB ~ trt*ESPE, data = df)
> summary(anova_result1)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt        5  38753    7751   0.556  0.733
ESPE       1   33917   33917   2.432  0.132
trt:ESPE   5 141503   28301   2.029  0.110
Residuals 24 334683   13945
```

Nota: el número de * indica el nivel de significancia, estando por debajo de 0.05 de P-valúo.

Resultados de Tukey

Los resultados de las pruebas de post hoc (Tukey) muestran que la especie de *Ficus macbridei* Standl presenta una diferencia significativa en todas las variables al ser comparada con la especie de *Ficus gigantocyce*, excepto para la variable del incremento de la tasa de brotes (Tabla 4).

Tabla 4

Pruebas de Tukey

Promedio de estacas con hojas			
Especies	Promedio	Desviación estándar	Letra de significancia
<i>Ficus gigantocyce</i> Dugand	0.185	0.0539	b
<i>Ficus macbridei</i> Standl	0.178	0.237	a
Incrementó porcentual de brotes			
<i>Ficus gigantocyce</i> Dugand	36.1	76.3	b
<i>Ficus macbridei</i> Standl	97.5	156	a
Incrementó de la tasa de brotes			
<i>Ficus gigantocyce</i> Dugand	-2.78	91.5	a
<i>Ficus macbridei</i> Standl	36.4	150	a

Nota: La comparación de dos letras distintas indica diferencias significativas; en cambio, letras similares indican que no existe significancia.

ANOVA no paramétrico

Los resultados de la figura 21 nos muestran que la tasa de enraizamiento (TE) no presenta diferencias significativas entre los grupos categóricos (trt y ESPE).

Figura 21

Resultados generados por el script para análisis no paramétrico

```
> library(rcompanion)
> #pruebas no parametricas
> scheirerRayHare(TE ~ trt*ESPE, data, data = df)

DV: TE
Observations: 36
D: 0.1576577
MS total: 111

      Df Sum Sq      H p.value
trt    5  72.08  4.1190 0.53241
ESPE   1  36.00  2.0571 0.15149
trt:ESPE 5  72.08  4.1190 0.53241
Residuals 24 432.33
```

Nota: Un P-valor por debajo de 0.05 indica diferencias significativas.

Anexo 4

Procesamiento del segundo objetivo

Para el segundo objetivo se procesaron imágenes en RStudio y en el software de ImageJ; esto permitió recolectar los datos obtenidos de las imágenes (Figura 22 y 23). Una vez obtenidos estos datos, se realizaron las gráficas presentadas en esta tesis mediante códigos de tidyplot (<https://tidyplots.org/>).

Figura 22
Script para medir el área y perímetro foliar

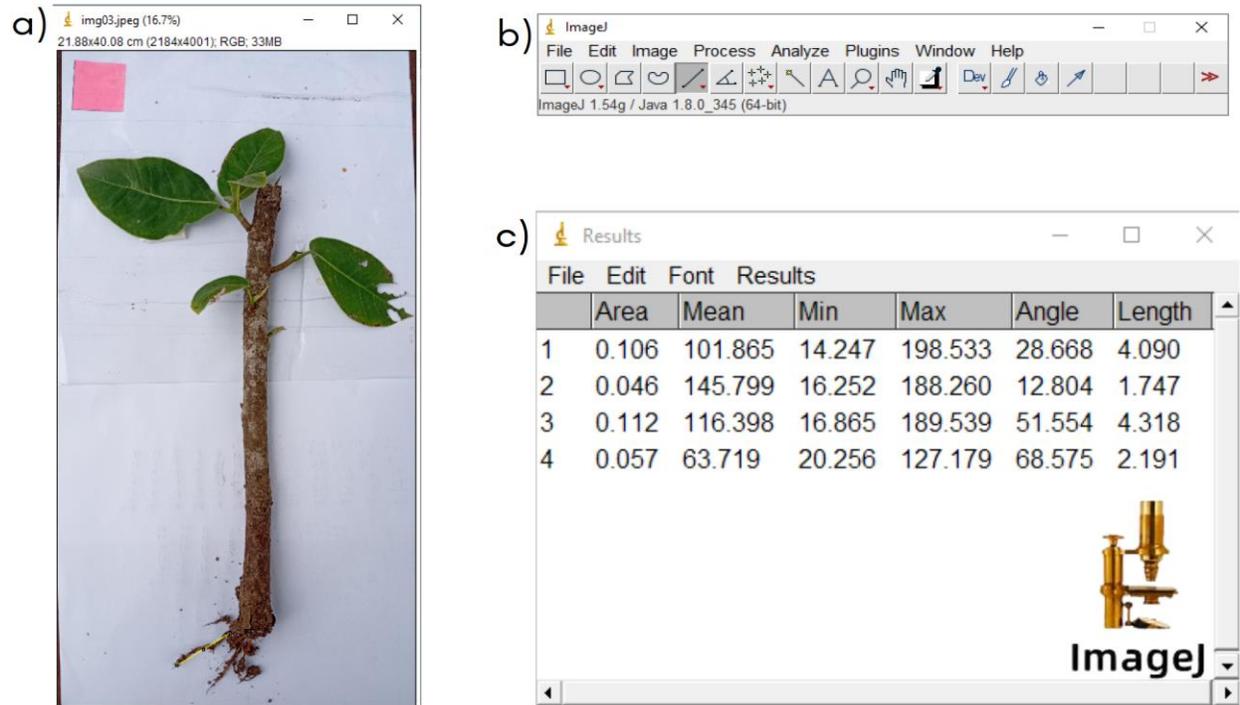
```
setwd("D:/todos los informes importante de dustin/realizacion de informe de fina
library(pliman)
citation("pliman")
library(tidyverse)
library(patchwork)
#imagen
img <- image_import("ima0.jpg") #DOSIS D2

af <-
  analyze_objects(img, index = "B-R", watershed = FALSE,
                 col_background = "white", marker = "id")
#ver
cont <-
  object_contour(img, index = "B-R", watershed = FALSE)
# Poligono de la figura
plot_polygon(cont)

# se declara el area definida (el cuadro representa 9 cm^2 de area)
af_cor2 <-
  get_measures(af, id = 1, measure = area ~ 9)
plot_measures(af_cor2 ,
              measure = "area",
              vjust = -35,
              col = "salmon")
af_cor2 #resultados
```

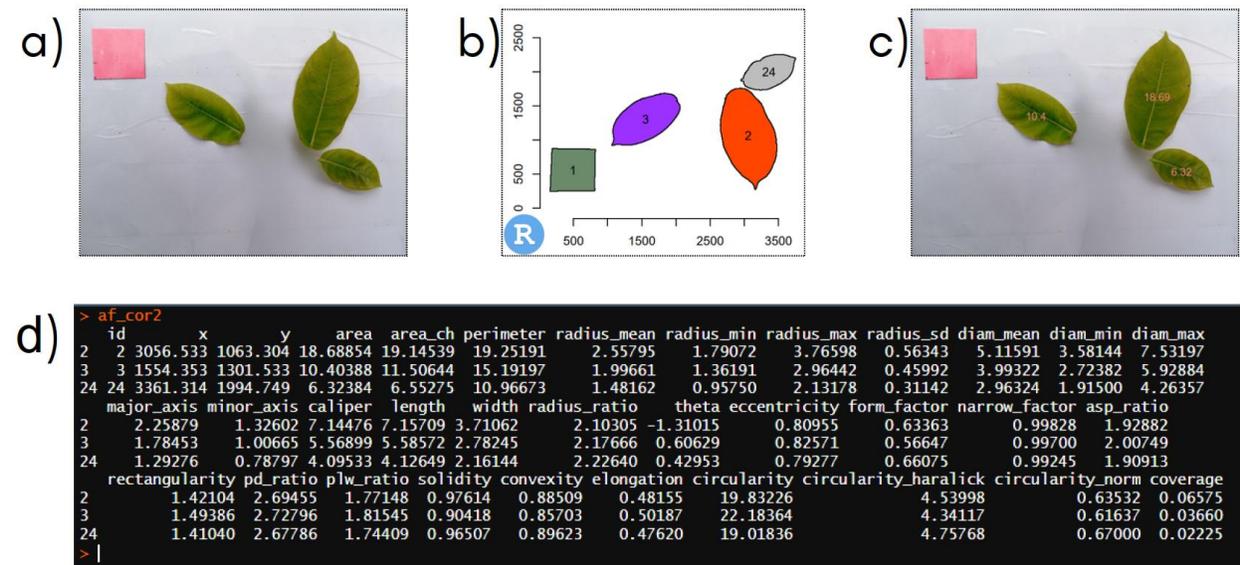
Nota: Este script permite medir el área y perímetro foliar en base a un objeto de referencia.

Figura 23
Cuantificación de raíces con el software de ImageJ



Nota: La Figura 23a muestra el menú de interacción. La Figura 23b muestra la interfaz del software. Por último, la Figura 23c muestra los resultados de esta medición.

Figura 24
Resultados generados por el script para medir el área y perímetro foliar



Nota: La Figura 24a muestra una imagen con un objeto referenciado. La Figura 24b muestra el identificador de elementos (en este resultado conocemos qué objeto se debe declarar). La Figura 24c muestra el área de las hojas. Por último, la figura 24d muestra los resultados.

Anexo 5
Coordenadas geográficas de los árboles muestreados

Tabla 5
Localizaciones de las especies de F. gigantosyce y F. macbridei

Especies	N°	Árbol padre (Si o No)	Cordenadas UTM		Imagen
			Este	Norte	
<i>F. gigantosyce</i>	1	NO	728648	9373456	
	2	NO	728643	9373440	
	3	SI	728213	9373741	Figura 25a
	4	NO	728209	9373887	
	5	SI	728370	9373510	Figura 25b
	6	NO	728306	9373551	
	7	NO	728023	9373435	
	8	SI	728012	9373438	Figura 25c
	9	NO	728023	9373386	
	10	SI	728023	9373375	Figura 25d
	11	NO	727877	9373318	
	12	NO	727864	9373319	
	13	NO	727648	9373464	
	14	SI	727614	9373492	Figura 25e
<i>F. macbridei</i>	15	NO	727621	9373504	
	16	NO	728194	9373803	
	17	SI	728201	9373851	Figura 26a
	18	NO	728236	9373875	
	19	SI	728264	9373851	Figura 26b
	20	NO	727991	9373422	
	21	SI	728020	9373378	Figura 26c
	22	NO	727867	9373311	
	23	NO	727807	9373300	
	24	SI	727620	9373482	Figura 26d
	25	NO	727645	9373498	
	26	NO	727554	9373619	
	27	NO	727555	9372515	
	28	SI	727524	9373521	Figura 26e

Figura 25
Imágenes georreferenciadas y árboles padres de F. gigantosyce



c)



d)



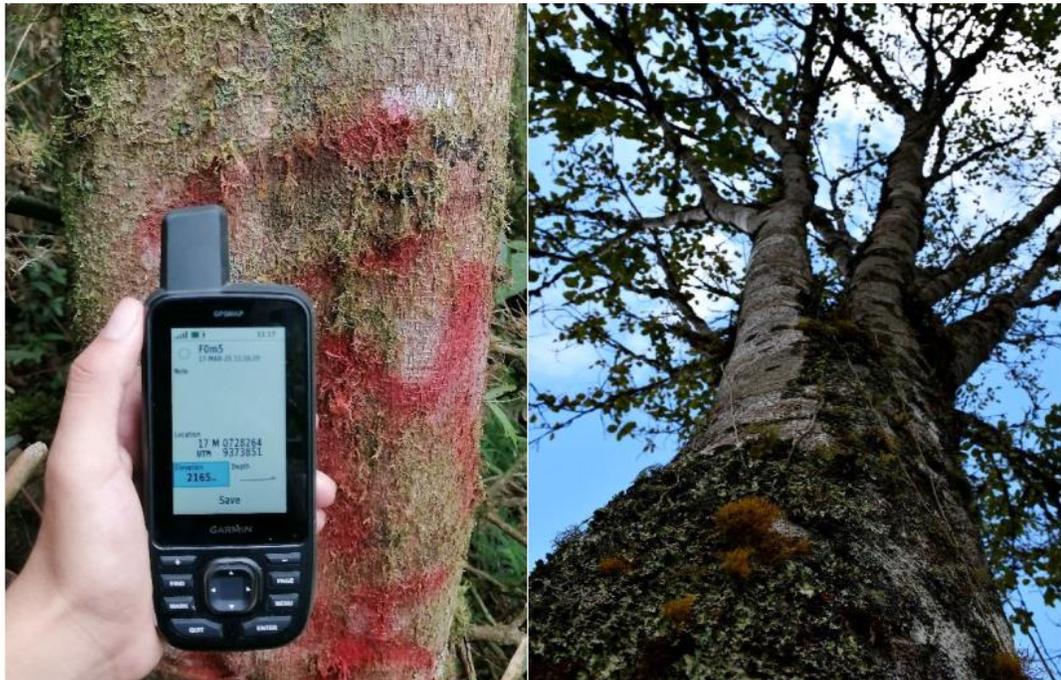
e)



Nota: las imágenes de la izquierda fueron capturadas durante la recolección de las estacas y las imágenes de la derecha fueron fotografiadas después de 80 días.

Figura 26
*Imágenes georreferenciadas y árboles padres de *F. macbridei**

a)



b)



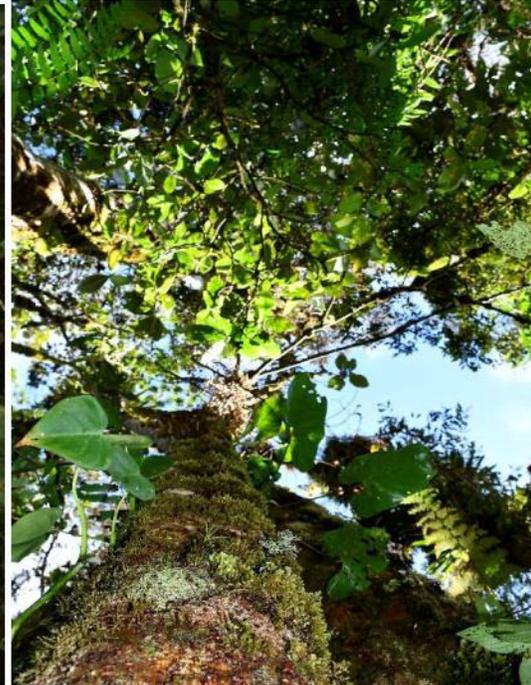
c)



e)



e)



Nota: las imágenes de la izquierda fueron capturadas durante la recolección de las estacas y las imágenes de la derecha fueron fotografiadas después de 80 días.

Anexo 6

Data set del seguimiento de brotes

Figura 27
Registro de datos en el número de brotes por estaca

		Eva 1					Eva 2					Eva 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6									
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
 	D4	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	D2	1	3	1	2	2	4	4	0	3	4	4	4	0	3	4	4	1	0	2	4	4	0	0	2	5	3	0	0	2	5					
	D1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	1	2	1	0	0	3	1	1	0	0	4	1					
	D6	0	0	1	4	0	0	2	2	3	1	0	2	2	3	1	0	0	5	3	0	0	0	6	2	0	0	0	6	2	0					
	D3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	D5	0	0	2	1	0	2	1	2	3	2	2	1	2	3	2	5	1	2	0	0	5	1	2	0	0	5	1	2	0	0					
		Eva 1					Eva 2					Eva 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6									
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
 	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	0	0	0	1	4	0	0	4	1	4	0	0	4	1	4	2	2	3	0	5	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0					
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eva 1					Eva 2					Dia 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6									
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
 	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	0	0	0	3	0	2	0	0	3	0	2	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0					
	D1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Eva 1					Eva 2					Eva 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6									
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5					
	D2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0

		Eva 1					Eva 2					Eva 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
	D1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	1	3	0	0	0	1	4	0	0	0	0	3	0
	D4	0	3	0	2	0	0	4	0	1	1	0	4	0	1	1	0	0	0	3	4	0	0	0	3	4	0	0	0	2	4
	D5	3	0	0	0	0	5	3	0	0	2	5	3	0	0	2	6	1	0	3	3	6	3	0	5	5	6	3	0	5	5
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	2	0	2	0	0	4	0	6	0	1	4	0	6	0	1	4	0	3	0	0	3	0	5	0	0	4	0	5	0	0

		Eva 1					Eva 2					Eva 3					Eva 4					Eva 5					Eva 6				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
	D3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	D6	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	D4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
□□□	D4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	3	0	0	2	5	2	3	2	0	0	2	4	3	0	0	2	4	3	0	0	2	4	3	0	0
□□■	D1	1	0	0	4	1	3	0	1	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0
	D6	0	0	6	2	0	0	0	5	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0
	D3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	D5	5	1	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
□□□	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■□□	D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
□□□	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■□□	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
	D1	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0
	D4	0	0	0	2	4	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	6	3	0	5	5	5	3	0	0	2	4	0	2	0	0	4	0	2	0	0	4	0	2	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	4	0	5	0	0	4	0	6	0	1	3	0	4	0	0	3	0	4	0	0	3	0	4	0	0

		Eva 7					Eva 8					Eva 9					Eva 10					Eva 11				
Trt		P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5	P1	p2	p3	p4	p5
	D3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	D6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	D4	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota: las imágenes están representadas por las dosis del estudio (Trt), repeticiones (p1, p2..., p5) y la semana de evaluación (Eva1, Eva2..., Eva11), en donde se registró el seguimiento de brotes.

Anexo 7 Panel fotográfico

Figura 28
Mescla, desinfección y llenado de sustrato



Nota: la Figura 28a muestra el mezclado del sustrato; la Figura 28b muestra la desinfección; la Figura 28c muestra el reposo, y la figura 28d muestra el llenado de bolsas de polietileno.

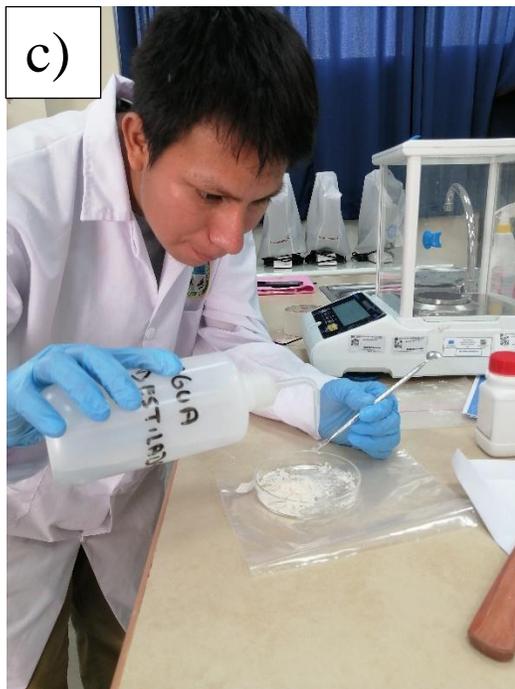
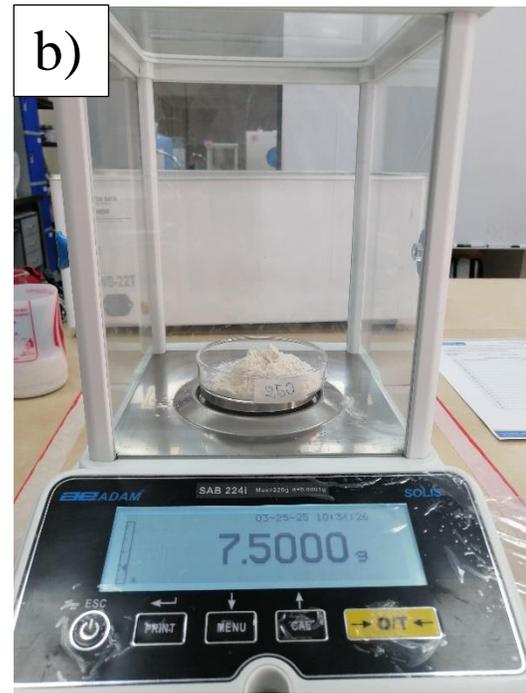
Figura 29

Preparación de desinfectante, verificación de especies y colecta de estacas



Nota: la Figura 29a muestra la preparación de alcohol con agua (que fue utilizado para desinfectar las tijeras); la Figura 29b muestra a la especie de *F. macbridei*; la Figura 29c muestra a la especie de *F. gigantosyce*, y la figura 29d muestra la colecta de estacas.

Figura 30
Manipulación y tratamientos de estacas



Nota: la Figura 30a muestra las estacas recolectadas; la Figura 30b el pesaje del AIA; la Figura 230c el proceso de mezclado, y la figura 30d el proceso de tratamiento.

Figura 31
Acondicionamiento de estacas



Nota: la Figura 31a muestra la reubicación de las estacas tratadas; la Figura 31b y c muestra los bloques de estudio; la Figura 31d muestra cómo se acondicionó con la malla raschel con respecto al bloque.

Figura 32
Seguimiento y colecta de datos



Nota: la Figura 32a muestra la proliferación de hoja de la especie de *F. gigantosyce*; la Figura 32b muestra la proliferación de hoja de la especie de *F. macbridei*; la Figura 32c muestra la remoción del sustrato, y la figura 32d muestra uno de los resultados de la captura de imágenes (*F. macbridei* de dosis 5).