

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“EFECTO DE PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y SUSTRATOS
EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS DE LA
ESPECIE *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, JAÉN 2021”**

TESIS

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR

Bach. LUIS EDINSON RIMARACHIN CUEVA

ASESOR

Ing. M. Sc. VITOLY BECERRA MONTALVO

JAÉN – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Luis Edinson Rimarachin Cueva
DNI: 74315825
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesor:
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"EFECTO DE PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS DE LA ESPECIE *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, JAÉN 2021"
6. Fecha de evaluación: 20/01/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 20 %
9. Código Documento: oid: 3117:422246121
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 22/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

_____ Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **diecinueve** días del mes de **diciembre** del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 534-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de octubre 2024, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**EFFECTO DE PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS DE LA ESPECIE *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, JAÉN 2021**" ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don LUIS EDINSON RIMARACHIN CUEVA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **dieciséis** horas y **veinte** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 19 de diciembre de 2024

Ing. Mg. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO

Blga. Mtblga. M. C. Marcela Nancy Arteaga Cuba
VOCAL

Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Cesar Rimarachin Leyva y Denis Clariza Cueva Ipanaque, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir una meta, gracias por inculcar en mí el esfuerzo, responsabilidad y honradez, y no rendirme porque dios siempre está conmigo. También dedico este trabajo a mi hijo Estefano Dariel Rimarachin Calle por ser el motor y motivo de salir adelante

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar Gracias a Dios por la vida, salud, por darme la fuerza para no rendirme y seguir esforzándome, agradecer a mis familiares por estar motivándome y confiar en mí.

Un agradecimiento especial a mis padres que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

Agradecer a mi tutor de tesis, Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de tesis sino también a lo largo de mi carrera universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. Localización de la investigación	31
3.2. Tipo y diseño de la investigación	31
CAPÍTULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Resultados	38
4.2. Discusión.....	53
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	59
CAPÍTULO VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO VII ANEXO.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores, Variables Independientes, Niveles y Tratamientos en estudio	33
Tabla 2. Croquis del experimento	34
Tabla 3. Composición de los sustratos y promotores de enraizamiento utilizados.....	38
Tabla 4. Contenido de nutrientes de los sustratos ensayados.....	39
Tabla 5. Supervivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base	40
Tabla 6. Supervivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.	41
Tabla 7. Supervivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.....	42
Tabla 8. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base	43
Tabla 9. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.	44
Tabla 10. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.....	45
Tabla 11. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base.....	46
Tabla 12. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.....	47
Tabla 13. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.	48
Tabla 14. Análisis de varianza del enraizamiento de estacas <i>Tabebuia chrysantha</i>	49
Tabla 15. Prueba de Tukey para enraizamiento según promotores de enraizamiento.	50
Tabla 16. Prueba de Tukey para enraizamiento según sustratos utilizados	51
Tabla 17. Prueba de Tukey para enraizamiento según la interacción promotores de enraizamiento sustrato.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de área de estudio	31
Figura 2. Contenido de nutrientes de los sustratos ensayados.....	39
Figura 3. sobrevivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base	40
Figura 4. sobrevivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.	41
Figura 5. sobrevivencia de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.....	42
Figura 6. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base.....	43
Figura 7. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.	44
Figura 8. Enraizamiento de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.....	45
Figura 9. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base	46
Figura 10. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico	47
Figura 11. Crecimiento de brotes de estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.....	48
Figura 12. Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según promotores de enraizamiento utilizados	50
Figura 13. Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según sustratos utilizados	51
Figura 14. Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según la interacción promotores de enraizamiento sustrato	52

RESUMEN

la presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Jaén, y tuvo como propósito determinar el efecto de promotores de enraizamiento y sustratos en la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha*; para esto se aplicó un diseño experimental factorial ensayándose tres concentraciones de promotores de enraizamiento comerciales, que contenían AIB y ANA, en dosis de 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm, así como tres sustratos, sustrato base, sustrato base más abono orgánico y sustrato base más abono orgánico compuesto con nutrientes macro y micro; la técnica utilizada fue la observación directa y los instrumentos fueron formatos para la recolección de los datos. Como resultados se obtuvo que se formularon 12 combinaciones de sustratos más promotores de enraizamiento; la sobrevivencia se alcanzó al no usar AIB y ANA con un 100 %, en cuanto al enraizamiento, se alcanzó un 100 % al usar promotor de enraizamiento en una concentración de 500 ppm; de la misma manera, la producción y crecimiento de brotes, se alcanzó un crecimiento de 4.0 cm, al usar sustrato base más 2000 ppm de AIB y ANA; el análisis estadístico arrojó que los promotores de enraizamiento y sustratos utilizados si influyen en el enraizamiento de estacas, siendo la combinación de sustrato base con 500 ppm de AIB y ANA la mejor, la misma que es la recomendada para propagar vegetativamente la especie por estacas.

Palabras clave: promotores de enraizamiento, sustratos, crecimiento, brotes, enraizamiento

ABSTRACT

the present research was carried out in the city of Jaén, and its purpose was to determine the effect of rooting promoters and substrates on the vegetative propagation by cuttings of the species *Tabebuia chrysantha*; For this purpose, a factorial experimental design was applied, testing three concentrations of commercial rooting promoters, containing AIB and ANA, in doses of 500 ppm, 1000 ppm and 2000 ppm, as well as three substrates, base substrate, base substrate plus organic fertilizer and base substrate plus organic fertilizer composed of macro and micro nutrients; the technique used was direct observation and the instruments were data collection forms. As results it was obtained that 12 combinations of substrates plus rooting promoters were formulated; survival was reached when not using AIB and ANA with 100 %, as for rooting, 100 % was reached when using rooting promoter in a concentration of 500 ppm; in the same way, the production and growth of shoots, a growth of 4.0 cm, when using base substrate plus 2000 ppm of AIB and ANA; the statistical analysis showed that the rooting promoters and substrates used do influence the rooting of cuttings, being the combination of base substrate with 500 ppm of AIB and ANA the best, the same that is recommended for vegetative propagation of the species by cuttings.

Key words: rooting promoters, substrates, growth, shoots, rooting.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú posee una gran biodiversidad de recursos naturales en sus diferentes tipos de ecosistemas boscosos. Sin embargo, en la actualidad esta gran diversidad viene siendo afectada por la acción del ser humano a través de diferentes actividades como la deforestación, agricultura invasiva, ganadería, etc. Las cuales generan un impacto negativo en los ecosistemas (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2018). Como solución para contrarrestar el deterioro de los recursos forestales, se propone incrementar la producción de bosques cultivados. Esto garantizaría una oferta constante de madera de alta calidad destinada a diversos usos, como la producción de leña, madera, pasta de celulosa, entre otros. La utilización de semillas para la producción de plántulas destinadas a la implantación de bosques cultivados presenta ciertas desventajas para la producción comercial. Estas incluyen tasas de crecimiento y productividad menores, así como una calidad inferior y una gran variabilidad en el rodal, debido a la alta variabilidad genética. A pesar de estas limitaciones, la producción comercial de plántulas para la plantación de bosques cultivados se lleva a cabo principalmente mediante semillas, ya que aún no se ha desarrollado suficientemente la producción clonal de especies forestales, por ende, es fundamental implementar investigación en temas como la propagación vegetativa (Torrez, 2022, pp. 1, 3). En la propagación asexual o vegetativa, se emplea el cultivo de tejidos vegetales que retienen la capacidad de multiplicación y diferenciación celular. Este proceso permite la generación de nuevos individuos que son similares a los árboles progenitores, utilizando partes vegetativas de las plantas donantes como base (González et al., 2018, p. 225).

La propagación por estacas es un método de propagación asexual que implica la reproducción de individuos genotípicamente idénticos al progenitor. Consiste en tomar cualquier porción vegetativa de una planta madre y, al separarla, esta es capaz de desarrollarse y formar una nueva planta (Universidad Nacional Agraria La Molina, s.f., p. 1). Una estaca es una porción separada de un individuo que se coloca en un ambiente adecuado para que desarrolle raíces. Estas porciones pueden ser de ramas, raíces, hojas, entre otros. El proceso de enraizamiento está influenciado por varios factores, como la edad y la condición de la estaca, así como las condiciones del medio de enraizamiento, el momento de corte y el uso de sustancias estimulantes, como reguladores de crecimiento o fitohormonas (Valera y Garay, 2017, p. 1).

Por otra parte, en los bosques secos del Marañón, podemos encontrar a la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson “Guayacán amarillo”, que se encuentra en peligro de extinción debido a que es una especie comercial muy importante por su madera de buena calidad, además de que su hábitat natural está siendo alterado por la extracción excesiva de madera, lo que genera la escasez de individuos de guayacán maduros con buenas características fenotípicas y maderables como los árboles semilleros, quedando de esta manera individuos con características inferiores, juveniles y escasos. Además, la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson cuenta con insuficiente información respecto a su propagación sexual y asexual, también contiene un gran porcentaje de semillas vanas (Meza 2017).

En base a esta problemática y reconociendo la gran importancia de la especie, se planteó realizar esta investigación sobre la propagación asexual por estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, con lo cual se pretende aportar información y conocimiento que ayuden a la recuperación, conservación y mejoramiento genético de esta especie forestal que se encuentra en peligro de extinción. Al lograr la propagación, se recomendará el método más apropiado para la propagación clonal por estacas de esta especie, el cual puede ser aplicado en programas o proyectos de reforestación en la zona

Por lo tanto, se formuló la como problema de investigación: ¿Cuál es el efecto de promotores del enraizamiento y sustratos en la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, Jaén 2021?

Así mismo, se planteó como objetivo general: Determinar el efecto de promotores del enraizamiento y sustratos en la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, Jaén 2021. Del mismo modo, los objetivos específicos fueron: Realizar las formulaciones de sustratos y promotores del enraizamiento para aplicar a las estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, Establecer el porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y crecimiento de brotes en las estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, luego de aplicado los tratamientos en estudio y Cuantificar el efecto de los promotores de enraizamiento y sustrato en el enraizamiento de las estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, para proponer la mejor combinación en la propagación clonal de la especie.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Bautista *et al.* (2022) en su artículo científico realizado en México evaluaron la capacidad de enraizamiento de estacas de *Pinus patula* obtenidas de plantas madre de 15 y 18 meses de edad, se utilizó distintas dosis de fertilización y condición de crecimiento (manejo), se aplicó 5000×10^{-6} (5000 ppm) de ácido indol-3-butírico (AIB), a las 14 semanas se evaluó el porcentaje de sobrevivencia, estacas con callo y raíces, así como el número, longitud de raíces primarias y presencia de raíces secundarias. Los resultados indicaron que al usar estacas de la planta madre de 18 meses y fertilizada con 5 g L⁻¹ de Osmocote® en invernadero, así como la aplicación de AIB en solución líquida por 20 segundos produjo un 73.8% de enraizado, valor aceptable en un programa operativo de clonación de *Pinus patula*.

Miranda (2022) en su tesis desarrollada en Ecuador evaluó tres tipos de sustrato en la propagación por estacas de *Alnus acuminata* Kunth, para ello se estableció un diseño completamente al azar (DCA), conformado por 3 tratamientos, 3 repeticiones y un total de 108 unidades experimentales, los sustratos utilizados fueron: T1 (Tierra negra 50% + cascarilla de arroz), T2 (Tierra negra 100%), T3 (Tierra negra 50% + humus 25% + cascarilla de arroz 25%). Los resultados demostraron que el mejor sustrato para la propagación asexual de *Almus acuminata* fue el T1 ya que obtuvo el mejor promedio de prendimiento de estacas siendo de 80,55%, así mismo, su desarrollo vegetativo fue superior, en comparación al T2 y T3 que obtuvieron valores bajos.

Biganzoli *et al.* (2021) evaluaron el enraizamiento de estacas de *Croton urucurana* Baill., *Tabernaemontana catharinensis* A. DC. y *Paullinia elegans* Cambess, el estudio se realizó en Argentina. Se utilizó 200 estacas por especie, se aplicó ácido naftalén acético (ANA) en las siguientes dosis: 0, 1000, 2500 y 3500 mg.L⁻¹ en *Croton urucurana* y *Tabernaemontana catharinensis* y 0, 500, 1000 y 2500 mg.L⁻¹ en *Paullinia elegans*. Los resultados señalaron que las estacas de *Croton urucurana* con dosis de ANA ≥ 1000 mg.L⁻¹ aumentaron la probabilidad de enraizamiento de 0,36 a 0,71. En *Paullinia elegans* hubo baja probabilidad de enraizamiento (0,13) independientemente de la dosis de ANA, pero aumentó en función del Diámetro a altura del cuello de la estaca, en cuanto a las estacas de *Tabernaemontana catharinensis* no presentó raíces, y en las estacas de la especie *Croton*

urucurana la calidad de enraizamiento no fue afectada por la diferentes dosis de ANA, pero sí el Diámetro a altura del cuello de la estaca

Escamilla *et al.* (2020) realizó una investigación en México en la cual propagó vegetativamente la especie *Pinus patula* Schiede ex Schldl. et Cham. Para ello se utilizó el método de propagación por estacas y se evaluó cinco sustratos a base de aserrín fresco y corteza de pino en diferentes proporciones (1:9, 3:7, 5:5, 7:3 y 9:1), se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo conformada por 25 estacas; se analizó física y químicamente al sustrato (porosidad total, porosidad de aireación, retención de humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico). Así mismo, con respecto a las estacas se evaluó las variables de sobrevivencia, enraizamiento, presencia de callo, número y longitud de raíces primarias y presencia de raíces secundarias a las 20 semanas de establecido el experimento. Los resultados indicaron que el sustrato con la mayor proporción de aserrín (9:1) obtuvo el mejor porcentaje de enraizamiento de las estacas siendo 77%, en cambio el testigo (1:9) obtuvo solo el 42%. Así mismo, se tuvo una correlación de 0.97, 0.97 y 0.90 del enraizado con el porcentaje de aserrín, densidad aparente y pH, respectivamente. Concluyendo que el sustrato conformado por aserrín y corteza de pino (9:1) es apto para el enraizamiento de estacas de *Pinus patula*.

Navarrete (2016) en su tesis realizada en Guayaquil, Ecuador, consideró importante establecer una nueva alternativa para la propagación de Guayacán (*Tabebuia chrysantha* Jacq), usando como método de propagación acodos aéreos aplicando diferente dosis de Auxinas: El ANA Hormonagro (Ácido Naftaleneacético), AIB (Ácido Indolbutírico). Para lograr el objetivo, Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial A x B (2 x 5), con cuatro repeticiones, donde se estudiaron dos tipos de auxinas (ANA Y AIB) Y 5 dosis (0.00; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25 g/l de ANA y 0.00; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25 g/l de AIB). Las variables fueron evaluadas a los 30, 60 y 90 días, estas variables son número de raíces, longitud de raíces y diámetro de raíces. El investigador logro obtener como resultados que la fitohormona ANA presento mejores resultados que la hormona AIB, ya que al usar una dosis de 0,15 0,20 y 0,25 mg/L de ANA se consiguió mayor número de raíces, mayor longitud y diámetro de las mismas a los 90 días, aunque al aumentar las dosis de 0,20 a 0,25 g/l produce un incremento en el promedio de las variables. Llegando a la conclusión que

los acodos aéreos con la ayuda de auxinas es un buen método para la propagación asexual del guayacán.

Quinapallo y Velez (2013) en su tesis desarrollada en Loja, Ecuador, consideraron importante propagar mediante semillas, estacas y esquejes de cuatro especies forestales del bosque seco de Ecuador. Para ello utilizaron semillas, estacas y esquejes de las especies *Tabebuia chrysantha* (guayacán), *Caesalpinia glabrata* (charán), *Albizia multiflora* (angolo) y *Terminalia valverdeae* (guarapo), para el caso de la reproducción vegetativa se aplicó dos tipos de fitohormonas HORMONAGRO 1 en unas dosis de 0,05 g/ estaca y el ROOT - HOR en dosis de 5 ml/lt y 15 ml/lt. Los investigadores obtuvieron como resultados respecto a la especie *Tabebuia chrysantha* (guayacán) a través de la reproducción sexual se logró el 93.25% de germinación de sus semillas y en relación a su reproducción asexual por medio de estacas y esquejes, los resultados fueron negativos ya que no se logró el enraizamiento de las mismas. En los primeros tres meses solo se observaron la presencia de brotes falsos que luego se marchitaron.

Carranza *et al.* (2013) en su investigación titulada “Propagación de *Tabebuia donnell-smithii rose* (guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento” se plantearon como objetivo establecer una técnica para la propagación vegetativa de guayacán blanco usando hormonas de enraizamiento. Para cumplir con el objetivo se desarrolló un diseño experimental diseño completamente al azar (DCA) en un arreglo factorial 2 sustratos x 3 dosis de hormona ANA x 3 dosis de hormona AIB, con cuatro repeticiones y cuatro unidades de observación. Las dosis de hormonas utilizadas fueron de 0, 1,500 y 2,000 mg kg⁻¹ ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) y como sustratos se usó turba y arena. Los parámetros se evaluaron los 45 días, los cuales fueron el enraizamiento, el número de raíces, la longitud de la raíz mayor, porcentaje de sobrevivencia, el número de brotes, la longitud de brotes, y el vigor. Los resultados obtenidos mostraron que el mejor sustrato para propagación por estacas de guayacán blanco fue la turba y la concentración idónea de auxinas fue de 1, 500 mg kg⁻¹ ya que se logró obtener un mayor número de raíces y los mejores datos de los parámetros evaluados, aunque no hubo diferencias significativas con los demás tratamientos. Concluyendo que el porcentaje de enraizamiento de estacas fue del 62. 5% al 93. 75%, logrando de esta manera obtener clones de *Tabebuia donnell-smithii rose* (guayacán blanco).

Sánchez *et al.* (2021) en su artículo científico especifica que evaluó la influencia del tipo de mini estaca (apical y basal) y el tiempo de absorción de ácido indolbutírico (0, 2, 6 y

10 minutos) sobre la multiplicación clonal de *Cinchona officinalis* (Quina), el experimento se realizó en el distrito de Conila, región Amazonas; las mini estacas fueron recolectadas de árboles de poblaciones naturales presentes en el bosque montano Conila-Perú, a una altitud de 2800 m. Tanto las mini estacas basales como las mini estacas apicales, fueron tratadas con ácido indolbutírico a 2000 mg·L⁻¹ y se dejaron inmersas por distintos tiempos. Luego de 60 días los resultados indicaron que el mejor porcentaje de enraizamiento lo presentaron las mini estacas basales con 54.77%; así mismo, hubo un 62.75% de sobrevivencia y 17, 38 mm de tamaño de raíces, mientras que, las mini estacas apicales tuvieron un 40.10% de enraizamiento. Los tiempos de 6 y 10 minutos de absorción fueron los más sobresalientes, mientras que el control (0 minutos) resultó ser el tratamiento más bajo. En conclusión, el uso de mini-estacas basales y tiempos de absorción de ácido indolbutírico de 6 y 10 minutos son las mejores condiciones para garantizar el enraizamiento de las mini-estacas del árbol de la *Cinchona officinalis*.

Rimachi (2020) evaluó la propagación asexual por medio de estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth conocido como “pushgay”, para ello se utilizaron dos diferentes ecotipos de esta especie provenientes de Cajamarca, Pushgay 01 y Pushgay 02, se aplicó Ácido Indol Butírico (AIB) a 2mg/L para estimular el desarrollo de las raíces y la solución de Murashige y Skoog (MS/4) como solución nutritiva, además se utilizó cuatro sustratos (Cascarilla de arroz, Aserrín de pino blanco, Aranmix TS1 (turba + perlita) y Arena fina), se evaluó la interacción de los factores como el tiempo, sustrato y ecotipo, se realizó 12 evaluaciones en total, es decir 1 evaluación cada 15 días durante 180 días. Luego de realizar la prueba de Tukey se comprobó que solo existe una interacción significativa entre el factor sustrato vs ecotipo. Al analizar los resultados se concluyó que el mejor sustrato para lograr el enraizamiento fue Aserrín de pino y el mejor ecotipo para tal fin fue Pushgay 01.

More *et al.* (2021) en su artículo científico realizado en Chanchamayo, Perú, determinó la eficiencia de la propagación vegetativa del *Retrophyllum rospigliosii* (ulcumano) en cámara de subirrigación, se desarrolló un diseño experimental en el cual se utilizó cuatro concentraciones de AIB (0, 1 000, 3 000 y 5 000 ppm), dos edades de plantas madre (dos y ocho años) y dos tipos de estacas (apical y media). A las 17 semanas de establecido el experimento se obtuvo que el mejor tratamiento fue el T7 (Estacas de tipo media, provenientes de plantas madres de dos años y tratadas con 3 000 ppm de AIB) obteniendo un enraizamiento de 40%, longitud de raíces 7 mm y número de raíces por estacas de 2.2, no

obstante, la auxina AIB no influyó en el enraizamiento. Los tipos de estacas influyeron en la supervivencia, enraizamiento y brotación. La interacción entre la planta madre y tipo de estaca influyeron de manera significativa en el éxito del enraizamiento; las plantas madres de dos años y estacas tipo medio obtuvieron mayor supervivencia (76.85%), enraizamiento (32.5%) y brotación (70%). Se concluye que es posible propagar el ulcumano usando estacas medias de árboles de dos años.

Ojeda y Manayay (2019) en su trabajo de investigación titulado “Propagación por estacas de *Retrophyllum rospigliosii* Pilger y *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson con diferentes niveles de regulador de crecimiento, Jaén, Cajamarca, 2019” señalan que es importante generar nuevos conocimientos sobre la propagación asexual de especies forestales por lo que se plantearon como objetivo de investigación determinar el prendimiento por estacas de romerillo y guayacán, utilizando diferentes niveles de regulador de crecimiento. Para lo cual se desarrolló un diseño experimental diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (BCA) con 3 tratamientos y tres repeticiones más un testigo, se utilizó como regulador de crecimiento al Root-Hor en diferentes dosis (T1, 2.5 ml/L; T2, 5 ml/L y T3, 7.5 ml/L). Se evaluaron parámetros como el número de estacas con brotes, número tal de brotes, callosidades y enraizamiento de estacas, los cuales fueron evaluados a los 15, 30, 45, 60 y 75 días. Las tesis obtuvieron como resultados de investigación que para el caso de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq) G. Nicholson, a los 15 días se observó mayor número de estacas con brotes con una dosis de 5 ml/L de Root-Hor y a los 75 días las estacas con 2.5 mL y 7.5 mL de Root-Hor presentaron mayor callosidad. Respecto a la especie *Retrophyllum rospigliosii* Pilger se observó que con una dosis de 5 ml/L de Root-Hor se obtuvo mayor cantidad de brotes a los 30 días y a los 75 días mayor callosidad. Concluyendo de esta manera que en la investigación se logró obtener presencia de callos en las estacas mas no raíces, esto pudo deberse a la manipulación del material biológico o la dosis del regulador de crecimiento utilizado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Propagación vegetativa

Osuna *et al.* (2017) manifiestan que, la propagación vegetativa o asexual es aquella en donde se reproduce una planta mediante una célula o tejido vegetal de una planta madre. Generalmente la nueva planta propagada posee las mismas características de la planta madre.

La reproducción vegetativa es posible debido a la existencia de un tejido meristemático en todas las plantas adultas, ya que este tejido se caracteriza por tener una alta capacidad de división celular.

La reproducción vegetativa tiene ciertas ventajas, así como también presenta algunos inconvenientes. Entre las principales ventajas podemos mencionar que se mantienen los genotipos deseables de la planta patrón, población de plantas uniformes, único método de propagación para plantas que no se reproducen por semillas, se acorta el periodo vegetativo de la planta, es económico, etc. Entre las principales desventajas podemos mencionar que se pierde la variabilidad genética de una especie, los clones pueden presentar dificultades para adaptarse a cambios climáticos drásticos y son susceptibles al ataque de patógenos y plagas (Reyes, 2015).

Existen diferentes métodos de reproducción vegetativa entre los cuales están los acodos, injertos, estacas, esquejes Bulbos, cormos, tubérculos, rizomas, hijuelos, estolones (Elorza, 2009).

Propagación vegetativa por estacas. Consiste en cortar un fragmento de tallo con yemas y sembrarlos para que puedan brotar raíces y se genere una nueva planta. En relación al proceso de propagación por estaca es importante saber que, al momento de obtener las estacas se debe tener en cuenta los factores de humedad del aire, intensidad de luz y la temperatura. Debido a que las estacas pierden rápidamente agua se debe evitar su deshidratación. Se debe tratar de elegir ramas que tengan de 4 a 6 nudos ya que tienen mayor capacidad de enraizamiento. No se debe usar ramas que tengan entrenudos muy largos o ramillas muy finas, pequeñas o débiles. Para favorecer el enraizamiento es necesario utilizar fitohormonas, entre las más utilizadas está el ácido naftalenacético (ANA) y el ácido indolbutírico (AIB) los cuales aceleran el crecimiento de las raíces, además es importante usar un buen sustrato puede ser arena, turba u otros materiales. La siembra de las estacas debe ser a una profundidad de 2 a 3 cm, se debe enterrar por lo menos dos a tres nudos, para asegurar una buena producción de raíces (Reyes, 2015)

Por su parte Casas (2022) que las estacas pueden ser apicales, subapicales y basales. Su éxito de enraizamiento de cada tipo de estaca depende de la especie, época del año e instalaciones para el enraizamiento que se disponga. Sin embargo, recomienda no utilizar

estacas apicales por ser demasiado suculentas y susceptibles al marchitamiento, así como estacas basales muy lignificadas que presentan mayor dificultad para la iniciación de raíces.

Promotores de enraizamiento. En el caso de enraizamiento de estacas es necesario utilizar fitohormonas enraizadoras. Las **auxinas** son las que tienen mayor efecto en el desarrollo de raíces en estacas de diferentes especies vegetales, favoreciendo el crecimiento radicular de las mismas. Existen varios tipos de auxinas naturales y sintéticas, las más conocidas son el Ácido Indolacético (AIA), ácido Naftaleneacético (ANA) y el Ácido Indolbutírico (AIB), que se encuentran comercialmente en polvo y en forma líquida (Navarrete, 2016).

El **Ácido Naftaleneacético (ANA)**, el **Ácido Indolbutírico (AIB)** y otras fitohormonas se usan en unidades de medida denominadas partes por millón (ppm), que son equivalentes a miligramos (mg) de producto por cada millón de miligramos (1 kg) de solvente/diluyente a usar. El tratamiento de las estacas con estas hormonas, además de incrementar el porcentaje de enraizamiento, ayuda al rápido crecimiento de raíces adventicias, incrementa el número de raíces y mejora la calidad de las mismas. Para aplicar estos enraizadores se puede hacer de tres formas: Preparación en polvo, en donde se realiza un pequeño corte a la base de la estaca o se le humedece y se introduce unos centímetros de la base en la hormona en polvo. Las concentraciones ya sea de ANA o AIB van desde 500 ppm hasta 3000 ppm, para casos muy difíciles de enraizar se utiliza concentraciones máximas de 10000 ppm. El método de Inmersión en solución concentrada consiste en sumergir unos centímetros de la base de las estacas por un tiempo de 1 a 5 segundos en una solución de ANA o AIB en concentraciones de 500 a 10000 ppm según la dificultad de enraizamiento. el método de remojo en solución diluida consiste en remojar la base de la estaca por un tiempo de 12 a 24 horas en una solución de ANA o AIB en concentraciones que van desde 20 ppm para especies de enraizamiento fácil a 200 ppm para especies de enraizamiento difícil (Sisaro y Hagiwara 2016).

Por su parte, Gonzáles (2021) menciona que el uso de **rizobacterias** ha emergido como estrategia para aumentar el enraizamiento, el crecimiento y promover el control biológico de patógenos en las estacas, además varias investigaciones han demostrado que el uso de rizobacterias tiene efectos positivos en el enraizamiento de estacas de clones híbridos de y aumento en la biomasa; además, señala que el efecto de las rizobacterias varía dependiendo del clon y la cepa de rizobacteria utilizada indicando cierta especificidad entre

planta y microorganismo, esta especificidad se da debido principalmente a las características de los exudados de las raíces y como estos pueden afectar el comportamiento de los microorganismos que habitan la rizosfera, manifestándose en diferencias entre las comunidades de bacterias dependiendo de la planta hospedera.

Por otro lado, Bailon (2022) propone el uso de **enraizantes naturales** los cuales son componentes biológicamente activos que se encuentran en productos vegetales como canela, lentejas, sábila, etc., con la utilización de solventes como agua, alcohol o solvente selectivo; estos componentes fotoquímicos generan estimulación para una división celular y estimulan el enraizamiento, a pesar que su efecto es más lento que los enraizantes químicos son más económicos y se puede tener buenos resultados.

Sustratos para enraizamiento de estacas. El sustrato es un factor fundamental para la formación y desarrollo saludable de las raíces en las estacas ya que es el medio en el que la estaca encuentra disponible el agua y nutrientes, así como también sirve de soporte para la misma (Escamillas, 2020). Según Rimachi (2020) el sustrato debe tener suficiente firmeza y densidad para mantener las estacas en su lugar, su volumen no debe variar mucho cuando está seco a mojado, debe retener suficiente humedad para evitar deshidratación, así mismo debe ser lo suficientemente poroso y tener un buen drenaje y aireación.

El sustrato funciona como soporte donde se desarrollan las raíces de las estacas. Por ende, cumple tres funciones importantes para el éxito de la propagación: sujetar las estacas, mantener la humedad y permitir el intercambio de gases. Por lo tanto, para elegir el material a utilizar se debe tener en cuenta que este debe permitir una buena retención de agua, buen drenaje y una aireación que permita un contenido de oxígeno adecuado para la respiración de los tejidos sometidos a la producción de nuevas raíces. Teniendo en cuenta dichas consideraciones se puede utilizar arena o grava fina, turba, aserrín, fibra de coco, vermiculita, perlita, piedra pomez, cascarilla de arroz, paja, arcillas entre otros materiales. Generalmente los sustratos utilizados son una mezcla de componentes orgánicos e inorgánicos (Manihuari, 2022).

De acuerdo con Huinga (2022) la arena es el sustrato preferido en las investigaciones para el enraizamiento de estacas, pues proporciona aireación y retención de agua adecuada, si su retención no es muy buena puede mejorarse con la aplicación de otro material orgánico como el aserrín, además la apertura de hoyos, la colocación y remoción de estacas para su

evaluación es más fácil en arena y es relativamente económica. Por su parte, Casas (2022) expresa que el medio de enraizamiento tiene un papel fundamental, ya que puede afectar el tipo de sistema radical originado en las estacas, por ejemplo, en algunas especies enraizadas en arena, se produce raíces largas, sin ramificar, gruesas y quebradizas; mientras que, en estacas enraizadas en combinación de arena o perlita con musgo, se forman raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, más apropiadas para extraer y volver a plantar.

Fertilizantes que se usan para enriquecer el sustrato para enraizamiento. Según Hernández *et al.* (2021) en la propagación por estacas de especies forestales, se pueden utilizar diferentes tipos de los fertilizantes para promover el enraizamiento y crecimiento saludable de las estacas. Algunos de los fertilizantes comúnmente utilizados en este proceso son: Fertilizantes de liberación lenta: Contienen nutrientes que se liberan gradualmente a lo largo del tiempo, proporcionando un suministro constante de nutrientes a las estacas en crecimiento. Son especialmente útiles en sistemas de propagación de largo plazo. Fertilizantes líquidos: Se diluyen en agua y se aplican mediante riego. Pueden ser de composición balanceada (con proporciones equilibradas de nitrógeno, fósforo y potasio) o especializados para promover el enraizamiento y el crecimiento de las estacas. Fertilizantes de liberación controlada: Esta diseñados para liberar nutrientes de manera controlada y constante durante un período prolongado de tiempo. Proporcionan una nutrición equilibrada y constante a las estacas durante la propagación. Compost y estiércol: Fuentes orgánicas de nutrientes.

En la propagación por estacas de *Nothofagus alpina* se incorporó niveles de nitrógeno y fósforo al medio de enraizamiento para lograr la callosidad en menor tiempo y enraizamiento adecuado de las estacas, los niveles de 100 mg/L de N y 50 mg/L de P mostraron los mejores resultados respecto al porcentaje de enraizamiento en estacas (Hernández *et al.*, 2021).

Metodologías de propagación por estacas. El éxito de la metodología de la propagación por estacas de plantas forestales, depende de la especie, edad de la planta madre, época de colecta de materia vegetativo, y condiciones de reproducción. La metodología a emplear va depender de los objetivos que se persigan y de la facilidad de multiplicación de la especie.

Según Landis (*s.f.*) en el “Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor” vol. 6, Capítulo 3: Propagación Vegetativa, brinda la siguiente metodología para la propagación por estacas de especies forestales:

Recolección de estacas: se realiza utilizando tijeras de podar, sin embargo, estas maltratan los tejidos más suaves de las estacas por lo que estando en el vivero la estaca debe ser recortada en ángulo con una navaja filosa para eliminar el tejido dañado y mejorar la absorción de agua y de hormonas de enraizamiento. El tipo de estaca (apical, media y basal) dependerá de la especie a propagar. Es fundamental que la planta madre este sana y tenga las características fenotípicas necesarias. Para disminuir el estrés por humedad, la recolección del material vegetativo debe hacerse tan temprano como sea posible y en días con poco o nulo viento. Es importante contar con dos tipos de bolsas de plástico para mantener las estacas y evitar la desecación: las bolsas pequeñas sellables de plástico para las estacas individuales, y bolsas grandes, para recolectas a granel. El tamaño de estacas depende de la especie, del tipo de tejido de la planta disponible y el tamaño del contenedor para su crecimiento, por ejemplo, las estacas de *Cedrela odorata* son de 6 a 8 cm de longitud mientras que las estacas de *eucalyptus* deben tener de 12 a 24 cm; es fundamental considerar que la estaca al menos debe tener dos brotes.

Promotores de enraizamiento: Los más utilizados son las Auxinas como el AIB, ANA y AIA, la concentración de estas sustancias depende la facilidad de enraizamiento de la especie, para especies de madera blanda y fáciles de enraizar se utiliza de 500 a 1000 ppm, plantas de madera semidura y dura, de modera facilidad para enraizar se usa de 2000 a 2500 ppm y las plantas que son muy difíciles de enraizar 5000 a 7000 ppm. Estas hormonas pueden ser aplicadas bajo tres métodos: Inmersión en polvo, Inmersión en formulaciones líquidas por unos segundos (“inmersión rápida”) y remojo en formulaciones líquidas desde 2 a 24 horas.

Sustrato: Se utiliza arena fina o mezclas de perlita, vermiculita o fibra de coco (Hartmann et al., 1997). La selección del sustrato afecta tanto a la velocidad de enraizamiento como al tipo de raíces producidas. Algunas especies producen raíces muy finas y frágiles en medios con buen drenaje, como la arena, y estas raíces a menudo se rompen durante el trasplante.

Ambientes de propagación: Algunos productores construyen camas de enraizamiento relativamente simples de 1 metro de ancho y 20 a 30 cm de alto, la longitud depende el espacio disponible y la cantidad de estacas que se deseen enraizar;

también se utilizan cámaras o túneles con controles de calor y humedad en el fondo. Los viveros que producen un gran número de estacas usan sofisticadas instalaciones de propagación que tienen ambientes completamente controlados incluyendo sofisticados sistemas de nebulización.

Contenedores: El tamaño óptimo del contenedor varía de acuerdo a diversos factores, como la especie, el tamaño de la estaca, el tipo de sustrato, las condiciones ambientales, y la duración de la etapa de propagación. En los viveros norteamericanos usan contenedores que varían su volumen de un mínimo de 40 cm³ y un máximo de 492 cm³. Se debe considerar que, para incrementar la densidad de raíces, el diámetro del contenedor es importante, mientras que para un buen drenaje la altura es importante. Los contenedores pueden ser de diferentes formas redondos, rectangulares, hexagonales, o cuadrados. También suele utilizarse bolsas de polietileno de diámetro > a 10 cm y largo de 20 a 30 cm.

Siembra de las estacas: las estacas pueden ser colocadas dentro de los contenedores de dos formas dependiendo de la técnica, tipo de estacas y facilidades para la propagación. Así se tiene al estacado directo, técnica que consiste en plantar directamente las estacas en los contenedores de crecimiento y el movimiento inmediato de los mismos al área de propagación, donde crecerán hasta alcanzar el tamaño para campo definitivo, esta técnica es comúnmente utilizada en el caso de estacas leñosas. La otra técnica es el pre-enraizado que consiste en plantar estacas tratadas con hormas en camas de enraizamiento a una distancia de 10-15 cm entre las estacas o en charolas superficiales o pequeños contenedores hasta que comiencen a formar raíces para luego ser trasplantadas a los contenedores de crecimiento, dicho trasplante debe realizarse cuidadosamente para evitar daños en las raíces o la formación de “raíces en J”, haciendo un hoyo con una vara en el sustrato del contenedor protege las raíces tiernas y el sustrato puede ser presionado alrededor del tallo. Algunos viveristas usan una herramienta bifurcada para posicionar las raíces. Las estacas trasplantadas deben regarse frecuentemente en las semanas posteriores al trasplante y se desarrollarán hasta alcanzar el tamaño idóneo para campo definitivo.

Fertilización: puede aplicarse tan pronto como las plantas enraícen en los contenedores de crecimiento, se puede utilizar fertilizante de liberación lenta, así mismo, varias investigaciones han demostrado que el nitrógeno, fósforo y potasio brindan resultados positivos en la propagación por estacas. (pp.126-135)

Protocolo de propagación por estacas. El protocolo de reproducción por estacas de especies forestales puede variar según la especie y las condiciones específicas de cultivo, a continuación, se presenta dos protocolos de dos especies forestales como ejemplo:

Protocolo de propagación por estaca de *Guazuma crinita* Mart. (bolaina blanca): esta especie puede ser propagada por estacas en cámaras de subirrigación y/o micro-túneles, su enraizamiento se da con mucha facilidad, con sustrato de arena y sin necesidad de hormona de enraizamiento, pudiendo alcanzar porcentajes superiores al 80% de enraizamiento. Para la selección de árbol madre se deberá tomar en cuenta la suma de los valores de las variables forma de fuste (FF), forma de copa (FC), estado fitosanitario (EF), posición sociológica (PS) y presencia de bifurcaciones (B) y finalmente el vigor (V), como material vegetativo se utiliza estacas provenientes de rebrotes expuestos a pleno sol durante 30 días, con diámetros promedio de 3.0 mm, longitud promedio de 5 cm y 30 cm² de área foliar, las estas se extraen a primeras horas de la mañana utilizando una hielera de tecnopor con papel periódico mojado en agua para evitar el estrés hídrico o pérdida de agua. Entre los sustratos se pueden utilizar arena blanca desinfectada con lejía o también directamente Jiffy Pellet (36x75 mm de uso forestal). La arena blanca se debe colocar húmeda en bandejas (con dimensiones de 28 cm de ancho x 54 cm de largo x 8 cm de profundidad), de un espesor de 5 cm de sustrato. Con la ayuda de una regla se realizan las demarcaciones para el respectivo estaquillado. Por otro lado, antes de usar los Jiffy se deben colocar o sumergir en un recipiente con agua, para recién ahí colocar las estacas (Guerra et al., 2018).

Protocolo de propagación por estacas de *Cryptocarya alba* Looser: se corta el segmento apical con al menos 2 pares de hojas, preferentemente de rebrotes del tocón o de individuos jóvenes. Las estacas se deben recolectar en otoño, debido a que en esta época las temperaturas en invernadero se mantienen más bajas que en la primavera, lo que aumenta la sobrevivencia y el enraizamiento de estas. Las estacas se enraízan en camas calientes (25°C días; 15°C noche) en un sustrato inerte y con buen drenaje, como la arena. Como sustrato existen diversas alternativas como la corteza de pino compostada, mezcla de perlita, arena, piedra volcánica, compost o una mezcla, por ejemplo, compost, tierra y arena en una relación de 2:2:1. La aplicación de un producto con hormona enraizante como el ácido indolbutírico (IBA) en dosis sobre los 3.000 ppm, mejora el éxito de propagación. Como contenedores se usan bandejas de polietileno, pueden ser contenedores de sección circular de 130 cm³ o contenedores de 280 cm³ de volumen de sección cuadrada, también se pueden usar bolsas

plásticas de 25x15 cm. Con respecto a la fertilización, se puede aplicar nitrógeno, fósforo y potasio; así como también abonos foliares (Alvarado y Levet, 2014).

Propagación de estaquillas. La mayoría de especies forestales pueden ser propagadas mediante el enraizamiento de estaquillas, aunque algunas enraízan con mayor facilidad (Huinga, 2022). En la propagación por estaquillas es recomendable que esta sea cortada arriba del nudo, con una longitud de 6 a 8 cm, dejando solo la hoja superior. Además, se recomienda podar la hoja entre un 50 a 70 %, con el objetivo de lograr un equilibrio entre los efectos positivos de la fotosíntesis y el efecto negativo de la transpiración (Casas, 2022).

Por su parte, Zavaleta (2019) define a la estaquilla como una sección de entrenudo, una hoja superior o parte de ella y al menos una yema. La presencia de la hoja en la estaquilla es importante en el proceso de enraizamiento, pues esta proporciona fotoasimilados necesarios para la sobrevivencia de la estaquilla y para el crecimiento y desarrollo de los primordios radiculares, para que la hoja sea capaz de cumplir un papel relevante durante el enraizamiento debe ser fotosintéticamente activa, no tener deficiencias nutricionales y estar libre de síntomas de enfermedad o plaga. El mismo autor indica que existen diferentes sistemas de propagación usados en el proceso de enraizamiento de estaquillas entre los cuales se encuentran los sofisticados como invernaderos con sistemas de nebulización y niebla intermitente y los económicos de baja tecnología como los propagadores de sub-irrigación y las bandejas bajo tinguado. El sistema de propagación debe brindar rangos de temperatura adecuada y permitir el ingreso apropiado de luz, manteniendo de esta manera una atmósfera con baja demanda de evaporación. Es fundamental que se brinde las condiciones microclimáticas necesarias para favorecer la rizogénesis de las estaquillas, el microambiente ideal debe mantener los niveles óptimos de irradiación, temperatura del aire, humedad, temperatura del sustrato y balance de agua en las estacas. Por otra parte, el sustrato es otro factor importante en la propagación de estaquillas, dentro de los utilizados destaca la arena, ya que esta permite el crecimiento de raíces ramificadas delgadas y flexibles, las cuales son apropiadas para extraer y volver a plantar. Otro punto importante respecto a la propagación de estaquillas es la aplicación de auxinas ya que permiten el enraizado en menor tiempo y con mayor número de raíces, así mismo, promueven la hidrólisis del almidón y la movilización de nutrientes hacia la base del corte de la estaquilla, estas pueden ser aplicadas mediante las mezclas en polvo, la técnica del remejo en soluciones diluidas, la aplicación con microjeringas y la inmersión rápida en solución concentrada de la auxina, El método por

inmersión rápida permite tratar varias estaquillas a la vez y es más económica, consiste en sumergir las estaquillas de 2 a 5 mm de la base por cinco segundos en la solución auxínica.

2.2.2. Descripción de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson

Taxonomía. Meza (2017) indica que, la clasificación taxonómica de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson según trópicos (2023), se describe de la siguiente manera:

Clase	:	Equisetopsida C. Agardh
Sub clase	:	Magoliidae Novák ex Takht
Súper orden	:	Asteranae Takht
Orden	:	Lamiales Bromhead
Familia	:	Bignoniaceae Juss
Género	:	Tabebuia Gomes ex DC
Especie	:	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson.

Descripción botánica. Es un árbol caducifolio que puede llegar alcanzar 20 m de altura y hasta unos 60 cm de DAP. Presenta un fuste cilíndrico recto con r escasa ramificación, tiene compa amplia y extendida. Su corteza presenta grietas, es fisurada y de color pardo oscuro. Sus hojas son de tipo palmadas compuestas, opuestas con ápice agudo y bordes aserrados, de 6 a 12 cm de largo y con 5 foliolos, el haz es de color verde oscuro con pequeños pelitos y el envés es verde claro Tiene inflorescencia racimosa. Flor tubular de 5 cm de largo, cáliz de 5 sépalos color café y corola de 5 pétalos de color amarillo. El fruto tiene forma de cápsula linear cilíndrica similar a una vaina que es de color verde y pasa a calor café cuando se madura. Sus semillas son aladas (Aguirre, 2012, como se citó en Wong, 2016).

Distribución. Según (Trópicos 2021) la *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, crece en los bosques primarios húmedos, estacionalmente secos o muy secos de tierra firme. Se encuentra distribuida desde México hasta Perú, pasando por lugares como Trinidad y Tobago y Guyana. En el interior del Perú podemos encontrar esta especie distribuida en las regiones Cajamarca, Tumbes, Loreto, Junín, San Martín, Ucayali, Madre de Dios, Huánuco.

Ecología. Según Meza Ugaz (2017), el guayacán crece generalmente en climas templado-cálidos, secos a semi-secos, hasta húmedos estacionales subtropicales. En

temperaturas que van desde los 18 °C hasta los 23 °C y la precipitación oscila entre 1500 y 3000 mm/año, a una altitud que va desde los 100 hasta los 1500 msnm. Los suelos que más destacan para el crecimiento de esta especie son suelos francos a franco-arenoso liviana que se caracterice por presentar un buen drenaje y un pH. 6,0 a 8,5.

Usos. Los usos de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson son diversos, entre los más importantes se tiene:

Uso ornamental. En varios países el guayacán es usado como ornamental para dar belleza al paisaje de las ciudades, son empleados en programas de arborización urbana, esto debido a sus hermosas flores de color amarillo resplandeciente que posee. Además, se le ha considerado como la flor nacional o regional en varios países donde se distribuye esta especie (Vinueza, 2012).

Uso maderable. El guayacán tiene una madera dura lo que le permite ser utilizado en la construcción, principalmente en componentes estructurales como vigas, columnas, durmientes, horcones, etc. Su madera también se emplea en la fabricación de chapas decorativas, pisos, herramientas manuales, además se utiliza en la fabricación de una serie de artículos deportivos como las bolas de boliche, bates de beisbol, tacos de billar, también se utiliza en la construcción naval y de puentes (Hernández, 2015).

Uso medicinal. Esta especie es usada como medicina natural debido a sus propiedades anticancerígenas, antibióticas, antimicóticas y antivirales gracias a que posee naptuquinona principios activos que le brinda estas propiedades curativas. Sus hojas y corteza también son utilizadas para calmar el dolor de espalda, dolor de muelas además se usa para enfermedades de transmisión sexual (Cajamarca, 2020).

2.3. Definición de términos básicos

Estaca

Se define como una porción vegetativa de una planta madre, que se corta y se coloca en un medio de cultivo con el objetivo de generar una nueva planta idéntica a la planta madre (Universidad Nacional Agraria La Molina, s.f., p. 1)

Yema

Son tejidos vegetales inmaduros de las plantas, estos tejidos contienen células meristemáticas, que son responsables del crecimiento y desarrollo de nuevos brotes, hojas, flores o ramas (Gonzales y Arbo, 2013).

Yema axilar

Son yemas que se encuentran en las axilas de las hojas, es decir, en el punto de unión entre el tallo y la hoja. Estas yemas pueden permanecer inactivas o desarrollarse para dar lugar a nuevas ramas laterales o flores (Gonzales y Arbo, 2013).

Callo

Es una masa de células que se forma en el extremo cortado de una estaca durante el proceso de propagación por estacas. Cuando una estaca se corta de una planta madre y se coloca en un medio de cultivo adecuado, la herida en el extremo de la estaca induce una respuesta fisiológica en la planta, que comienza a producir un tejido de callo. Una vez que el callo se ha formado y ha comenzado a desarrollarse, las células dentro de él se diferencian gradualmente en tejidos especializados, como meristemas radiculares, que darán lugar a las raíces, y meristemas apicales, que darán lugar a los brotes y las nuevas partes aéreas de la planta. De esta manera, el callo facilita el enraizamiento y el crecimiento de la estaca, convirtiéndola en una nueva planta independiente y funcional (Laura, 2014).

Raíz adventicia

Las raíces adventicias son aquellas que se forman en cualquier parte de la planta que no sea la raíz inicial del embrión. Estas raíces pueden surgir tanto en la parte aérea de la planta como en tallos subterráneos o raíces maduras. Aunque pueden o no ramificarse, su forma y tamaño tienden a ser uniformes (Gonzales y Arbo, 2013).

Propagación clonal por estacas

La propagación clonal por estacas es un método de reproducción asexual que se caracteriza por reproducir individuos iguales genotípicamente al progenitor. Consiste en utilizar una parte vegetativa de la planta madre que es capaz de formar una nueva planta, esto se da gracias a dos características de la célula vegetal: totipotencia y dediferenciación. Este método de propagación es rápido, sencillo y económico. Las plantas obtenidas por este método de propagación presentan menos variabilidad que con la propagación por injertos. Generalmente

las estacas más conocidas y utilizadas son las estacas de tallo, sin embargo, se puede obtener estacas a partir de diferentes partes de la planta como raíces y hojas, sobre todo cuando la estructura de la planta no presenta tallos visibles (Universidad Nacional Agraria La Molina, *s.f.*).

Enraizamiento de estacas

El enraizamiento de estacas es un proceso endógeno que se da a partir de la multiplicación radial de las células del meristema secundario. El punto de origen de las raíces en una estaca puede estar en una yema, en los nudos, en los entrenudos o extremidad basal (zona de corte). El enraizamiento empieza con la Formación de una placa necrótica (suberina) en la zona de corte de la estaca a manera de un sello, esta placa impide que el material se diseque. Luego un grupo de células se dividen y forman una capa de parénquima llamada callo detrás de la zona de corte. En células cercanas al cambium y floema se forman primordios radiculares. Posteriormente se da el desarrollo y emergencia de las raíces nuevas, que incluye la ruptura de otros tejidos del tallo (Universidad Nacional Agraria La Molina, *s.f.*).

Formación de callos en estacas

La formación de callos en estacas es parte del proceso de la formación de raíces en estacas, forma parte del proceso de cicatrización y regeneración de la zona de corte de la estaca. Aparecen después que se forma la placa necrótica que sella la herida con un material suberoso (suberina) y tapa el xilema con goma, ya que después de unos días, las células que están detrás de esta placa empiezan a dividirse y se forma una capa de células de parénquima (callo) (Laura, 2014).

Promotores del enraizamiento

Se define como promotores de enraizamiento a aquellos estimulantes que favorecen la rápida y mayor implantación de las estacas. Estos estimulantes ayudan a la formación de buenas raíces ya sea en estacas, esquejes u otros. Los promotores de enraizamiento son muy utilizados en la propagación vegetativa de especies forestales (Industria Sulfúrica S.A, 2013)

Sustrato para enraizamiento

El sustrato es el medio donde se lleva a cabo el enraizamiento por lo tanto es sumamente importante elegir un sustrato adecuado el cual favorezca el correcto desarrollo de las raíces. El

sustrato para enraizamiento debe tener un pH adecuado, niveles de nutrientes suficientes, un buen drenaje, adecuada humedad, buena aireación y una temperatura adecuada. se puede usar diferentes tipos de sustrato ya sea arena, turba de musgo, vermiculita y perlita, entre otros, de manera individual o en mezclas (Parent, 2021)

Sobrevivencia durante la propagación

Es la acción de la planta de seguir con vida durante su proceso de propagación a pesar de las condiciones difíciles a las que se encuentra expuesto, ya sea condiciones climáticas, sustratos inadecuados, falta de cuidado, etc. La sobrevivencia durante la propagación por estacas se expresa en porcentaje y se determina al dividir el número de estacas vivas entre el número de estacas sembradas todo multiplicado por 100 (Real Academia Española, 2020).

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

El material biológico para los ensayos se obtuvo de los bosques secos del sector Shumba de la provincia de Jaén. Los ensayos se realizaron en un vivero privado ubicado en la ciudad de Jaén, en las coordenadas 5°41'33.02" S, y 78°48'37.52" W.

Figura 1

Mapa de ubicación de área de estudio



Nota: elaborado con información de Google Earth 2024

3.2. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo aplicada de acuerdo al fin o propósito, esto en función a que se obtuvo información que puede ser aplicada para la solución de la realidad problemática.

La investigación es explicativa por el nivel, ya que buscó explicar la influencia que ejercen los promotores de enraizamiento (hormonas), y sustratos en el enraizamiento de estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson.

El diseño de la investigación fue experimental, ya que se evaluó el efecto de los factores o variables independientes, promotores de enraizamiento y sustratos en la variable dependiente que es la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson

Se utilizó un diseño factorial de dos factores del tipo A*B, siendo los factores los siguientes:

Factor A: Promotores de enraizamiento

Factor B: Sustratos

3.2.1. *Materiales experimentales*

Material biológico experimental constituido por estacas de ramas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson.

Promotores de enraizamiento a base de Ácido Naftalen Acético ANA y Ácido Indol Butírico AIB, ambos en una presentación comercial llamada ROOT-HOR[®], que garantiza la dosificación recomendada en los tratamientos.

Sustrato base, compuesto a base de arena, tierra agrícola en proporción 1:2

Abonos compuestos orgánicos comerciales: Biosol^{MR}, Guano de isla procesado. Los cuales sirvieron para enriquecer el sustrato

Equipos y materiales para instalar las camas de enraizamiento según el diseño experimental.

Equipos y materiales para las mediciones de las variables dependientes establecidas.

Materiales de escritorio y otros para elaboración de informes.

3.2.2. *Factores, variables independientes, niveles y tratamientos en estudio*

Los factores ensayados, las variables independientes, los niveles utilizados y los nombres o códigos de los tratamientos de estudio de esta investigación se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1*Factores, Variables Independientes, Niveles y Tratamientos en estudio*

Factores	Variables independientes	Niveles	Tratamientos
FACTOR A	Promotores de enraizamiento	A1: Testigo o patrón, sin promotores del enraizamiento	
		A2: 500 ppm de AIB + ANA	A1 * B1 A1 * B2 A1 * B3
		A3: 1000 ppm de AIB + ANA	A2 * B1 A2 * B2 A2 * B3
		A4: 2000 ppm de AIB + ANA	A3 * B1 A3 * B2 A3 * B3
FACTOR B	Sustratos	B1: Sustrato base	A4 * B1 A4 * B2 A4 * B3
		B2: Sustrato base + abono orgánico	
		B3: sustrato base + abono orgánico compuesto	

Fuente. *Elaboración propia*

3.2.3. *Diseño experimental y arreglo de las factoriales*

Diseño experimental. En la presente investigación se usó un diseño factorial del tipo A*B, donde el factor A son las hormonas como AIB y ANA denominados promotores de enraizamiento con cuatro (04) niveles de dosis, y el factor B es los sustratos con tres sustratos fabricados. Con fines de ajuste estadístico, se realizó la separación de los tratamientos en dos bloques.

Arreglo de factoriales. El arreglo factorial incluye, a todas las combinaciones posibles entre los distintos niveles de los factores involucrados en el experimento. Esta investigación se consideró un diseño factorial A*B de 3 * 4 niveles, que son los niveles de promotores de enraizamiento y los sustratos. La descripción de los niveles son los siguientes:

Factor A: Promotores de enraizamiento

A1: Es el nivel testigo o patrón, al que no se adicionó promotores de enraizamiento.

A2: Es el nivel al que se aplicó una dosis de 500 ppm de ácido indol butírico y ácido naftalen acético en total.

A3: Es el nivel al que se aplicó una dosis de 1000 ppm de ácido indol butírico y ácido naftalen acético en total.

A4: Es el nivel al que se aplicó una dosis de 2000 ppm de ácido indol butírico y ácido naftalen acético en total.

Factor B: Sustratos

B1: Es el sustrato base, el mismo que fue elaborado con arena y tierra agrícola en proporción de 1:2 respectivamente.

B2: es el sustrato base más un abono orgánico a base de guano de isla procesado naturalmente.

B3: es el sustrato base más un abono orgánico compuesto comercial denominado Biosol.

3.2.4. Croquis del experimento

Tabla 2

Croquis del experimento

Factor A \ Factor B	A1	A2	A3	A4
B1	A1B1	A2B1	A3B1	A4B1
B2	A1B2	A2B2	A3B2	A4B2
B3	A1B3	A2B3	A3B3	A4B3

NOTA:

Factor A: promotores de enraizamiento que se aplicó. En total 04 dosis o niveles.

Factor B: Sustratos. En total se usaron 3 sustratos o niveles.

3.2.5. Evaluaciones a realizar

Sobrevivencia. Se midió la sobrevivencia de las estacas instaladas, las mismas que se evaluaron cada 15 días hasta el final del experimento.

La sobrevivencia se expresó en porcentaje de sobrevivencia en función al total de estacas por tratamiento.

Enraizamiento de las estacas. Esta evaluación es la más importante, se evaluaron cada 15 días hasta la culminación del experimento a los 75 días. Inicialmente se determinó la presencia de callos y posteriormente de raíces. El enraizamiento se expresó en porcentaje por tratamiento, al final de la evaluación se determinó la longitud de la raíz mayor por estaca enraizada si lo hubiese.

Crecimiento de brotes. Al igual que las evaluaciones anteriores, también se realizaron cada 15 días, teniendo un dato al final del ensayo a los 75 días donde se estableció el porcentaje de estacas con brotes por tratamiento, y la longitud del brote mayor incluyendo las hojas por estaca.

3.2.6. Procedimiento

La implementación de la investigación se realizó según el siguiente detalle:

Preparación de las camas para enraizamiento. Se realizó la construcción de camas para el enraizamiento, preparando los sustratos de acuerdo a los tratamientos mencionados, usando los abonos propuestos y el sustrato base. Antes de mezclar los componentes del sustrato, la arena y tierra agrícola recibieron un tratamiento de desinfección con agua caliente (hirviendo), para eliminar en lo posible la presencia de plagas o enfermedades. El sustrato se preparó en cantidades suficientes para cubrir la demanda de las camas a construir. Las camas tuvieron una longitud de 6.00 metros con 1.10 metros de ancho, separados en sub camas de 1.00 metro por 1.10 metros. Cada sub cama constituyó una combinación de los factores del diseño experimental A*B, de acuerdo a este diseño se necesitaron en total 12 sub camas, por lo que se construyeron dos camas. La cama tuvo una altura de 0.20 metros. Las camas para el enraizamiento y el sustrato se prepararon antes de la colección del material vegetativo para obtención de las estacas.

Colección de material vegetativo y obtención de estacas. Se realizó la selección de árboles de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson en bosques cercanos a la ciudad de Jaén, para favorecer la colección y transporte. Una vez seleccionado los árboles, se procedió a realizar la colección de material vegetativo consistente en ramas de los árboles con diámetros de entre 2.00 y 1.00 cm. de diámetro, la longitud promedio de las ramas fue de 1.00

metro o según la disponibilidad. Estas ramas fueron desprovistas de hojas, cortadas con sierra de podar e inmediatamente envueltas en papel húmedo para evitar el desecamiento. La colección se realizó de preferencia en horas de la mañana o por la tarde, cuando la temperatura ambiental fue menor. Las ramas colectadas y protegidas fueron transportadas de inmediato al lugar donde se han construido las camas de enraizamiento para la obtención de estacas. Las estacas se obtuvieron de una longitud de 0.15 metros, realizándose un corte limpio con la sierra de podar, con una ligera inclinación en el extremo que quedó a la intemperie. Se produjeron el número de estacas necesarias para cada tratamiento. Luego de la obtención de estacas, estas pasaron inmediatamente a recibir los tratamientos con los promotores de enraizamiento o sembrados en el caso del testigo o patrón.

Aplicación de promotores de enraizamiento y siembra de las estacas. Se realizó la preparación de los promotores de enraizamiento de un producto comercial que contiene tanto el ANA como el AIB en las concentraciones requeridas, preparando un litro de la solución. En esta solución preparada en concentraciones según cada tratamiento, se sumergieron las estacas a una profundidad no mayor de 5 cm. durante 10 minutos. Luego de la aplicación de los promotores de enraizamiento, las estacas fueron sembradas en las correspondientes sub camas de acuerdo al diseño factorial, las estacas se instalaron con una inclinación de entre 15 a 20 grados, a unos 5 cm en el sustrato. En cada sub cama o tratamiento se sembraron 30 estacas. Luego de la siembra, las camas se cubrieron con material totalmente opaco y que impida la pérdida de humedad de las estacas, esta cobertura se realizó durante los primeros quince días, luego de la primera evaluación, se cubrió solo con malla raschel 80 % verde, a una altura de 1.00 metro sobre las estacas.

Manejo de las camas enraizadoras y evaluaciones a realizar. Las principales actividades de manejo que se realizaron son los riegos diarios para mantener una humedad suficiente y promover el enraizamiento, se evitaron los anegamientos del sustrato. Otra actividad es la eliminación de maleza que pueda crecer durante los 75 días que dura el experimento. Una vez que se generen los brotes en las estacas, ya sea a los 30 o 45 días, se aplicó una nueva dosis de promotores del enraizamiento a manera de foliar, dosificando de acuerdo a lo establecido en los tratamientos planteados. Se tuvo especial cuidado en la aparición de posibles plagas o enfermedades en el área de experimentación, aplicándose los tratamientos de control fitosanitario de ser necesario. En cuanto a las evaluaciones a realizar, estas se realizaron cada 15 días, extrayéndose con cuidado las estacas para evaluación de

callos y raíces, y luego se colocaron practicando previamente un hoyo, no se hundieron las estacas aplicando presión sobre el sustrato porque esto puede deteriorar los callos en formación o formados, así como a las raíces. Para la evaluación final, las estacas se extrajeron por cada tratamiento, siendo lavadas con agua limpia y luego se practicaron las mediciones.

Registro y tabulación de datos e información. Los datos obtenidos en cada evaluación se registraron en formatos que se elaboraron para tal fin. Estos datos fueron tabulados en una tabla de Excel para su posterior tratamiento estadístico. Los datos evaluados cada 15 días nos permitirán establecer el tiempo óptimo de enraizamiento de darse el caso; sin embargo, la estadística experimental se aplicó a los datos obtenidos al final del experimento. Respecto a estacas que murieron después de enraizar, este dato se consideró como estaca enraizada para el tratamiento estadístico.

3.2.7. Tratamiento y análisis de datos

Los datos tabulados en una tabla de Excel, serán tratados con estadística descriptiva para elaborar las tablas y gráficos que permitan entender mejor los resultados. Las evaluaciones de porcentaje de enraizamiento y longitud de raíz mayor serán analizadas con un ANOVA y la prueba de significación de Tukey, con el objetivo de validar estadísticamente los resultados mostrados en la estadística descriptiva.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Formulación de sustratos y promotores de enraizamiento

Tabla 3

Composición de los sustratos y promotores de enraizamiento utilizados

Sustrato	Nombre	Componentes	Formula
Sustrato 01	Sustrato base	Tierra agrícola y arena	2: 1
Sustrato 02	Sustrato base + abono orgánico	Tierra, arena y guano de isla	2: 1 + 0,035
Sustrato 03	Sustrato base + abono orgánico compuesto	Tierra, arena y biosol	2: 1 + 0,035
Sustrato 04	Sustrato base + promotor de enraizamiento nivel 2	Tierra y arena (2=500 ppm)	2: 1 y PE 500 ppm
Sustrato 05	Sustrato base + abono orgánico + promotor de enraizamiento nivel 2	Tierra, arena y guano de isla (2=500 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 500 ppm
Sustrato 06	Sustrato base + abono orgánico compuesto + promotor de enraizamiento nivel 2	Tierra, arena y biosol (2=500 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 500 ppm
Sustrato 07	Sustrato base + promotor de enraizamiento nivel 3	Tierra y arena (2=1000 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 1000 ppm
Sustrato 08	Sustrato base + abono orgánico + promotor de enraizamiento nivel 3	Tierra, arena y guano de isla (3=1000 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 1000 ppm
Sustrato 09	Sustrato base + abono orgánico compuesto + promotor de enraizamiento nivel 3	Tierra, arena y biosol (2=1000 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 1000 ppm
Sustrato 10	Sustrato base + promotor de enraizamiento nivel 4	Tierra y arena (3=2000 ppm)	2: 1 + 0,035 Y PE 2000 ppm
Sustrato 11	Sustrato base + abono orgánico + promotor de enraizamiento nivel 4	Tierra, arena y guano de isla (3=2000 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 2000 ppm
Sustrato 12	Sustrato base + abono orgánico compuesto + promotor de enraizamiento nivel 4	Tierra, arena y biosol (3=2000 ppm)	2: 1 + 0,035 y PE 1000 ppm

Como se ve en la tabla 3, los sustratos están constituidos por una mezcla de componentes que son sustrato base + abono orgánico + promotores de enraizamiento, formulados de acuerdo a los tratamientos especificados en el diseño experimental. Resaltando que hay sustratos simples como el sustrato 01 y sustratos más complejos con el sustrato 06, los mismo que se esperó que este influya en el enraizamiento de las estacas.

Tabla 4

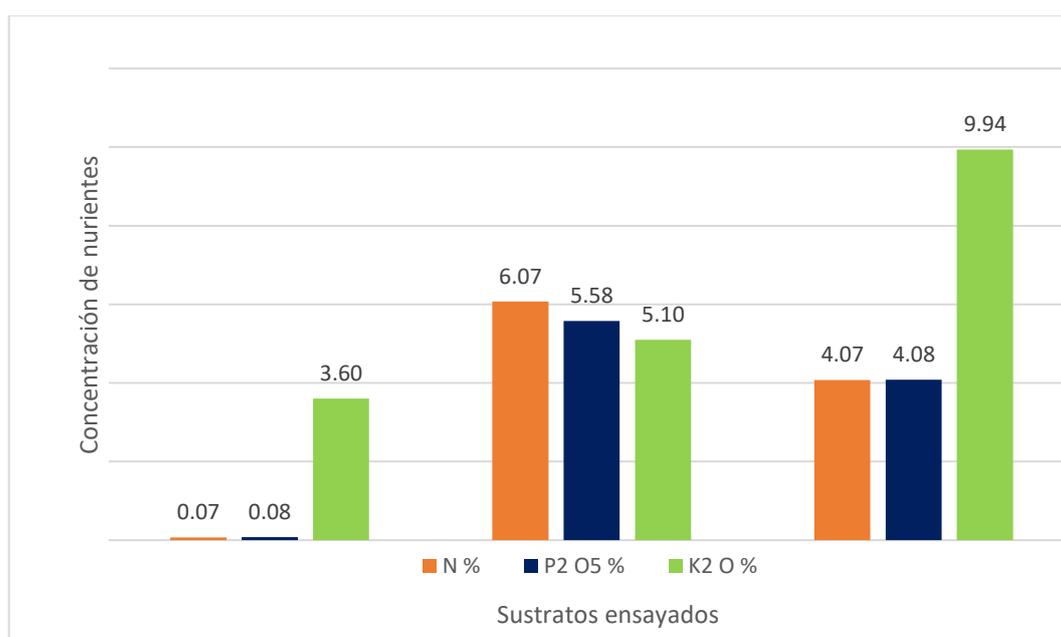
Contenido de nutrientes de los sustratos ensayados

Nutrientes	Sustrato base (kg)	Sustrato base + abono orgánico (kg)	Sustrato base + abono orgánico compuesto (kg)
N %	0,07	6,07	4,07
P2 O5 ppm	0,08	5,58	4,08
K2 O %	3,60	5,10	9,94
Ca meq	2,66	2,66	5,95
Mg meq	1,00	1,00	2,18
S %	0,00	0,00	3,56
pH	6,95	6,95	6,95
M.O.	66,10	66,10	66,10

Nota: elaborado tomando como base el análisis de suelos OIKOSLAC 2024 y fichas técnicas utilizados biosol ^(MR) y guano de las islas “natural”.

Figura 2

Contenido de nutrientes de los sustratos ensayados



En la tabla 4 y figura 2, se visualiza la concentración de nutrientes de los sustratos, determinados tomando en cuenta el análisis de suelo realizado y la composición química establecidos en las fichas técnicas de los abonos utilizados.

4.1.2. *Sobrevivencia, enraizamiento y crecimiento de brotes en estacas de Tabebuia chrysantha*

- **Sobrevivencia**

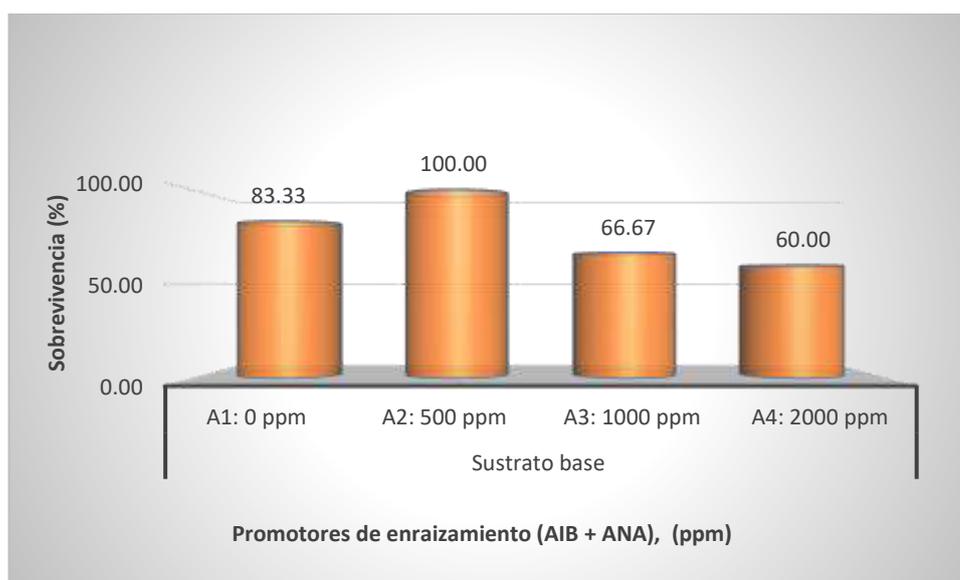
Tabla 5

Sobrevivencia de estacas de Tabebuia chrysantha con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Sobrevivencia (%)
Sustrato base	A1: 0 ppm	83,33
	A2: 500 ppm	100,00
	A3: 1000 ppm	66,67
	A4: 2000 ppm	60,00

Figura 3

sobrevivencia de estacas de Tabebuia chrysantha con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base



En la tabla 5 y figura 3, se puede ver que la combinación de sustrato base con 500 ppm de promotores de enraizamiento alcanzó el mayor porcentaje de sobrevivencia siendo este del 100 % ; sin embargo, la combinación del sustrato base con 2000 ppm de promotores de enraizamiento alcanzó el menor porcentaje de sobrevivencia con un valor de 60,00 %.

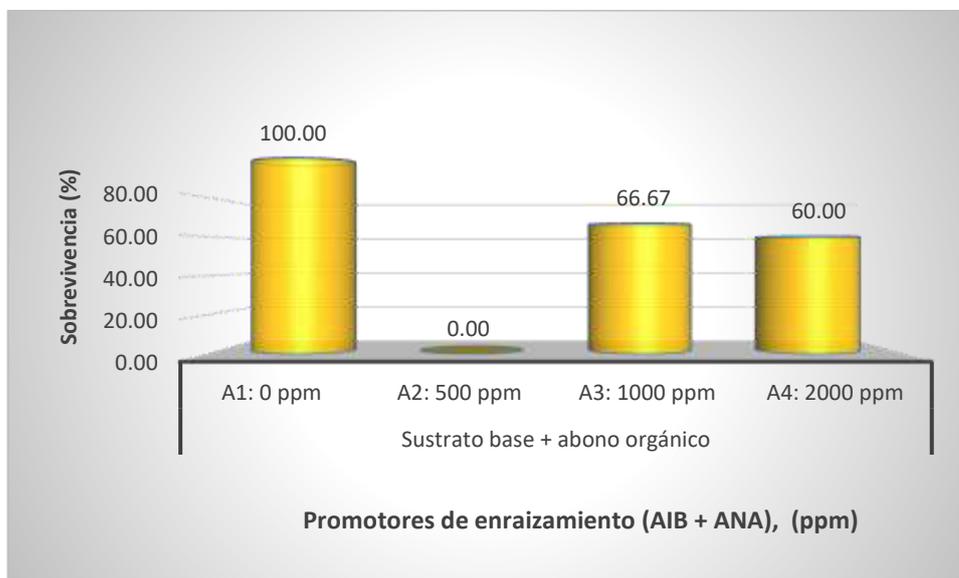
Tabla 6

*Sobrevivencia de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Sobrevivencia (%)
Sustrato base + abono orgánico	A1: 0 ppm	100,00
	A2: 500 ppm	0,00
	A3: 1000 ppm	66,67
	A4: 2000 ppm	60,00

Figura 4

*sobrevivencia de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.*



En la tabla 6 y figura 4, se puede observar que la combinación de sustrato base + abono orgánico sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto porcentaje de sobrevivencia siendo este del 100 % en sobrevivencia, sin embargo, la combinación del sustrato base + abonó orgánico con 500 ppm de promotores de enraizamiento alcanzó el más bajo porcentaje de sobrevivencia del 0,00 %.

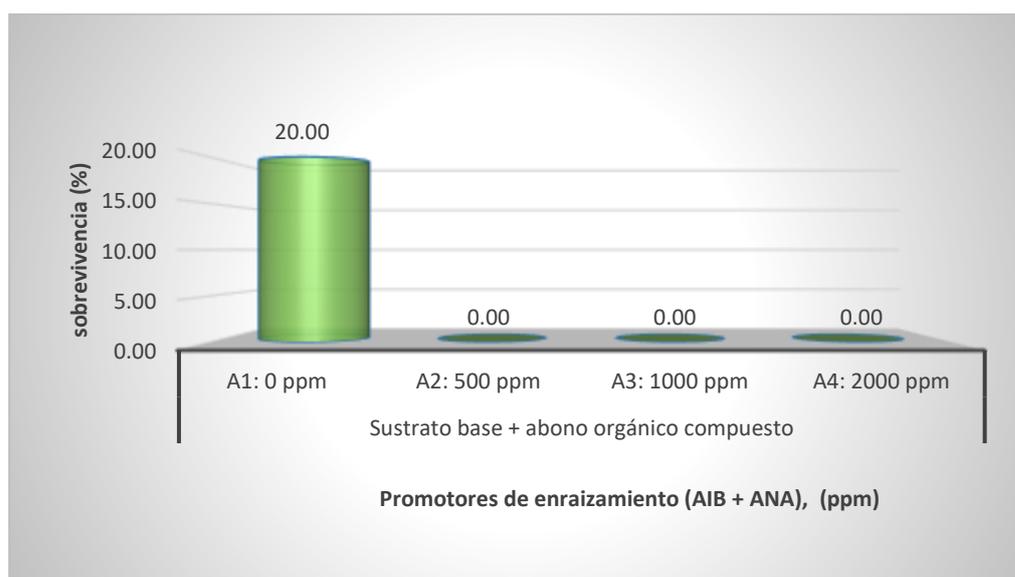
Tabla 7

*Sobrevivencia de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Sobrevivencia (%)
Sustrato base + abono orgánico compuesto	A1: 0 ppm	20,00
	A2: 500 ppm	0,00
	A3: 1000 ppm	0,00
	A4: 2000 ppm	0,00

Figura 5

*sobrevivencia de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.*



En la tabla 7 y figura 5, se visualiza que la combinación de sustrato base + abono orgánico compuesto sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto porcentaje de sobrevivencia siendo este del 20 %; sin embargo, la combinación del sustrato base + abono orgánico compuesto con 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de promotores de enraizamiento no lograron sobrevivencia de las estacas.

- **Enraizamiento**

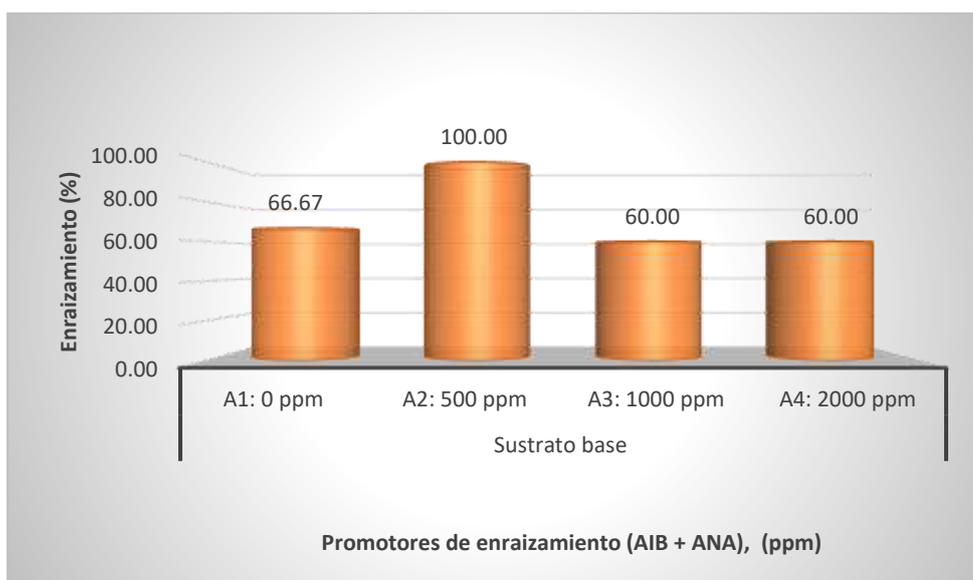
Tabla 8

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Enraizamiento (%)
Sustrato base	A1: 0 ppm	66,67
	A2: 500 ppm	100,00
	A3: 1000 ppm	60,00
	A4: 2000 ppm	60,00

Figura 6

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base.*



En la tabla 8 y figura 6, se visualiza que la combinación de sustrato base con 500 ppm promotores de enraizamiento alcanzó el más alto porcentaje de enraizamiento siendo este del 100 %; sin embargo, la combinación del sustrato base con 1000 ppm y 2000 ppm de promotores de enraizamiento, alcanzaron los más bajos porcentajes de enraizamiento con solo un 60,00 %.

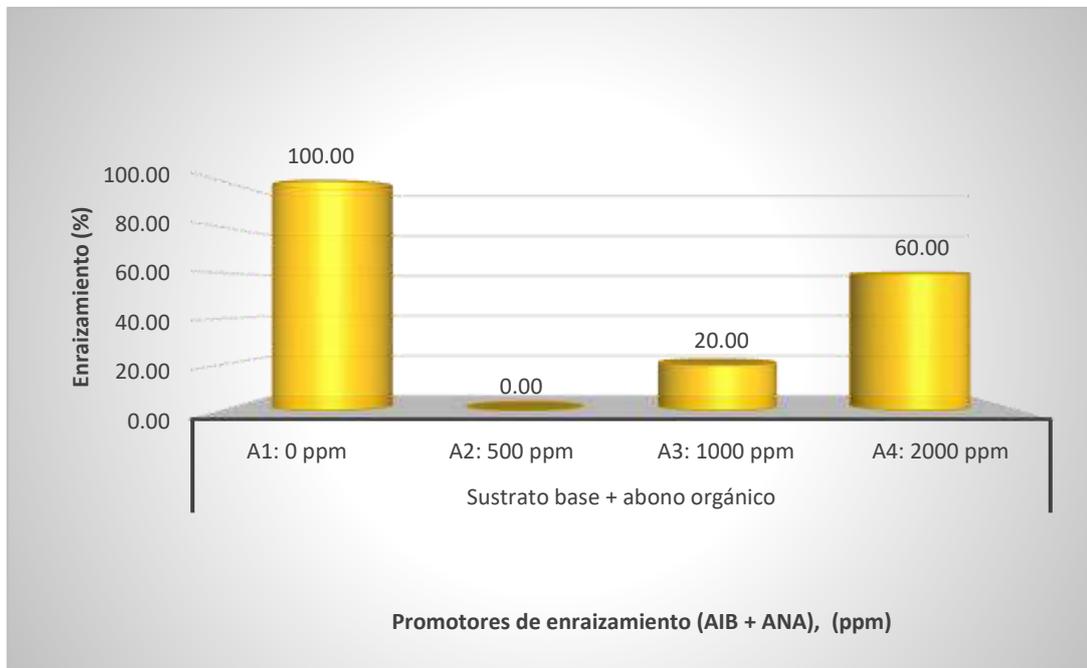
Tabla 9

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Enraizamiento (%)
Sustrato base + abono orgánico	A1: 0 ppm	100,00
	A2: 500 ppm	0,00
	A3: 1000 ppm	20,00
	A4: 2000 ppm	60,00

Figura 7

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.*



En la tabla 9 y figura 7, se visualiza que la combinación de sustrato base + abono orgánico sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto porcentaje de enraizamiento con 100 %; sin embargo, la combinación del sustrato base + abono orgánico con 500 ppm promotores de enraizamiento no logró el enraizamiento de las estacas.

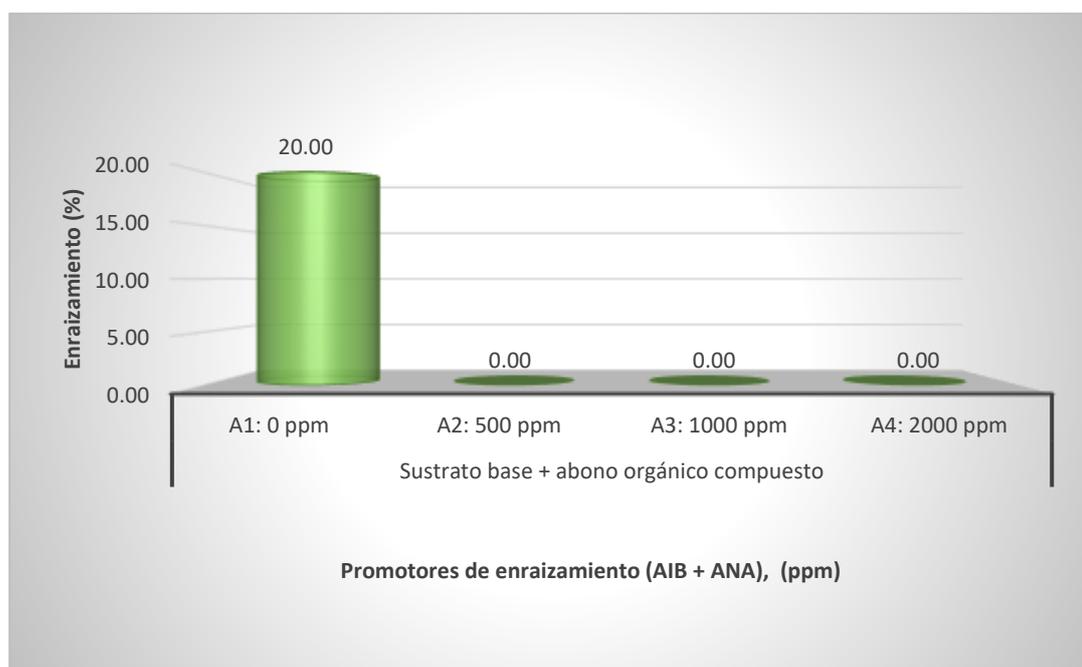
Tabla 10

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Enraizamiento (%)
Sustrato base + abono orgánico compuesto	A1: 0 ppm	20,00
	A2: 500 ppm	0,00
	A3: 1000 ppm	0,00
	A4: 2000 ppm	0,00

Figura 8

*Enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.*



En la tabla 10 y figura 8, se visualiza que la combinación de sustrato base + abono orgánico compuesto sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto porcentaje de enraizamiento siendo este del 20 %; sin embargo, la combinación del sustrato base + abonó orgánico compuesto con 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de promotores de enraizamiento no logró el enraizamiento.

- **Crecimiento de brotes**

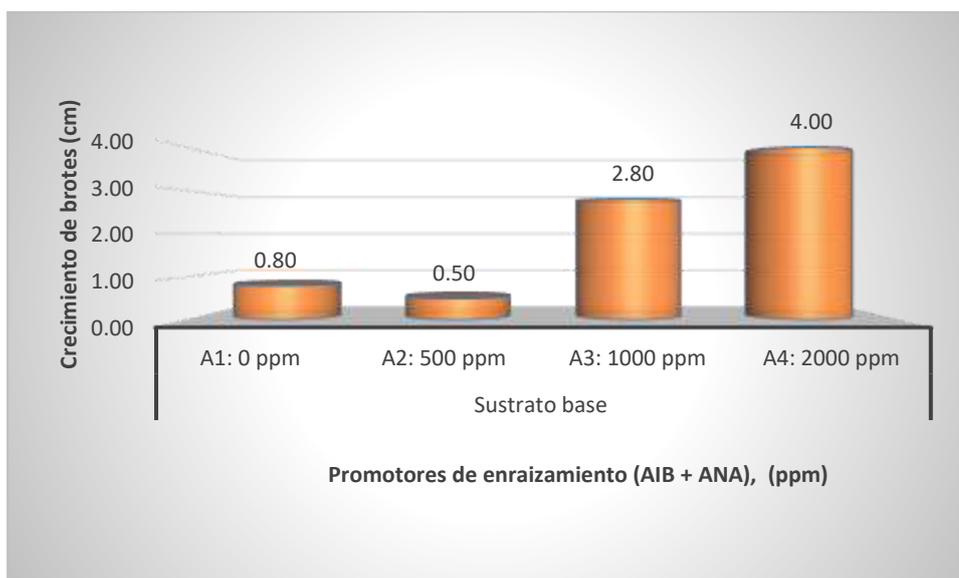
Tabla 11

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Crecimiento de brotes (cm)
Sustrato base	A1: 0 ppm	0,80
	A2: 500 ppm	0,50
	A3: 1000 ppm	2,80
	A4: 2000 ppm	4,00

Figura 9

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base*



En la tabla 11 y figura 9, se visualiza que la combinación de sustrato base con 2000 ppm promotores de enraizamiento alcanzó el más alto crecimiento de brotes siendo este del 4 cm; sin embargo, la combinación del sustrato base con 500 ppm de promotores de enraizamiento alcanzó el nivel más bajo en crecimiento de brotes con 0,50 cm.

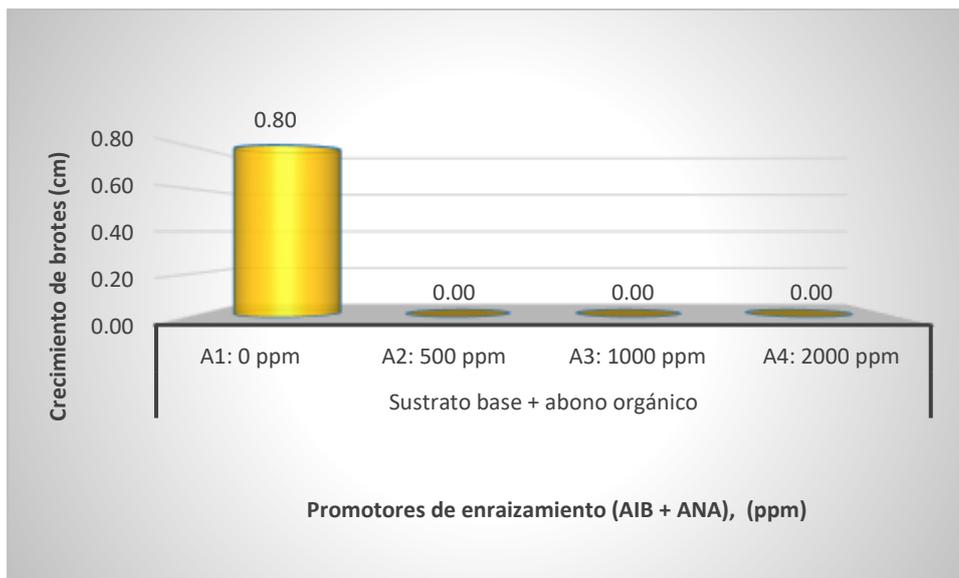
Tabla 12

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico.*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Crecimiento de brotes (%)
Sustrato base + abono orgánico	A1: 0 ppm	0,80
	A2: 500 ppm	0,00
	A3: 1000 ppm	0,00
	A4: 2000 ppm	0,00

Figura 10

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico*



En la tabla 12 y figura 10, se visualiza que la combinación de sustrato base + abono orgánico sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto crecimiento de brotes, siendo este del 0,80 cm; sin embargo, la combinación del sustrato base + abono orgánico con 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de promotores de enraizamiento no lograron crecimiento de brotes significativos.

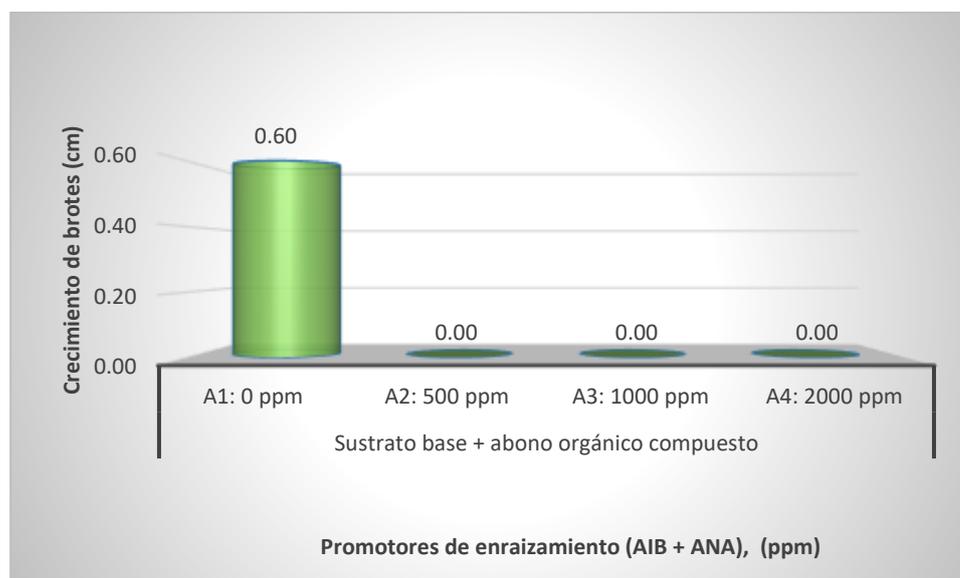
Tabla 13

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto.*

Sustrato	Promotores de enraizamiento	Crecimiento de brotes (%)
Sustrato base	A1: 0 ppm	0,60
+ abono orgánico	A2: 500 ppm	0,00
compuesto	A3: 1000 ppm	0,00
	A4: 2000 ppm	0,00

Figura 11

*Crecimiento de brotes de estacas de *Tabebuia chrysantha* con diferentes concentraciones de promotores en sustrato base + abono orgánico compuesto*



En la tabla 13 y figura 11, se visualiza que la combinación de sustrato base + abono orgánico compuesto sin promotores de enraizamiento alcanzó el más alto crecimiento de brotes, siendo este del 0,60 cm; sin embargo, la combinación del sustrato base + abono orgánico compuesto con 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de promotores de enraizamiento no lograron un crecimiento de brotes significativo.

4.1.3. Efecto de los promotores de enraizamiento y sustratos en el enraizamiento de estacas de *Tabebuia chrysantha*

Para la contrastación de hipótesis, se aplicó un análisis de varianza, para lo cual se estableció que:

Ho: No existe efecto de los promotores del enraizamiento y sustratos mejorados en la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq) G. Nicholson, a nivel de enraizamiento.

Ha: Existe efecto de los promotores del enraizamiento y sustratos mejorados en la propagación vegetativa por estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq) G. Nicholson, a nivel de enraizamiento

Para estas pruebas se está aplicando un nivel de significancia de 0.05.

Entonces decimos:

Si Sig. > 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho)

Si Sig. < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha) o hipótesis del investigador.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14

*Análisis de varianza del enraizamiento de estacas *Tabebuia chrysantha**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Promotores de enraizamiento	3842,91	3	1280,97	3,67	0,0473
Sustratos	20092,82	2	10046,41	28,76	<0,0001
Bloque	2268,65	1	2268,65	6,49	0,0271
Promotores de enraizamiento + sustrato	9907,18	6	1651,20	4,73	0,0128
Error	3842,91	11	349,36		
Total	39954,46	23			

$\alpha = 0.05$

En la tabla 14, puede verse el análisis de varianza - ANVA, aplicado a los sustratos y promotores de enraizamiento. Los promotores de enraizamiento al tener una probabilidad de 0,047 indica que existe influencia de estos sobre el enraizamiento de las estacas. En cuanto a los sustratos, la probabilidad salió menor a 0.05, indica que los sustratos también influyen en el enraizamiento. La combinación de sustratos más promotores de enraizamiento arroja una probabilidad de 0,027, lo que indica que existen combinaciones que influyen en el enraizamiento de las estacas. En cuanto a la fuente de variación bloques, el valor de la

probabilidad es menor a 0.05, por lo que se dice que las variables intervinientes lograron influir en el enraizamiento de las estacas, estas variables serán analizadas oportunamente en el ítem Discusiones.

Al haberse obtenido significancia en el ANVA se tiene que jerarquizar las fuentes de variación, para lo cual se aplicó la prueba post hoc de Tukey

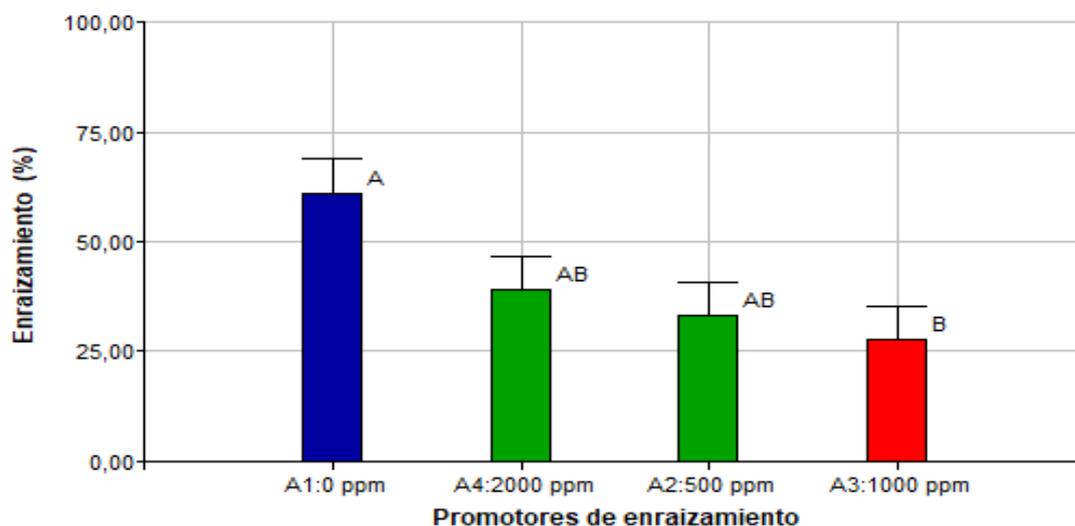
Tabla 15

Prueba de Tukey para enraizamiento según promotores de enraizamiento.

Promotores de enraizamiento	Medias	n°	E.E.	Jerarquía de los tratamientos	
A1: 0 ppm	61,11	6	7,63	A	
A4:2000 ppm	38,89	6	7,63	A	B
A2: 500 ppm	33,33	6	7,63	A	B
A3: 1000 ppm	27,78	6	7,63		B
DMS=32,47688		Alfa=0,05	Error: 349,3552	gl: 11	

Figura 12

Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según promotores de enraizamiento utilizados



En la tabla 15 y figura 12, es visible el hallazgo de la prueba post hoc de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05 que la ausencia de promotores de enraizamiento influye más en el enraizamiento de *Tabebuia chrysantha*; sin embargo, el tratamiento 1000 ppm generó la menor influencia de los promotores de enraizamiento. Mientras que las concentraciones de

2000 ppm y 500 ppm tiene un comportamiento semejante al testigo y a la concentración de 1000 ppm.

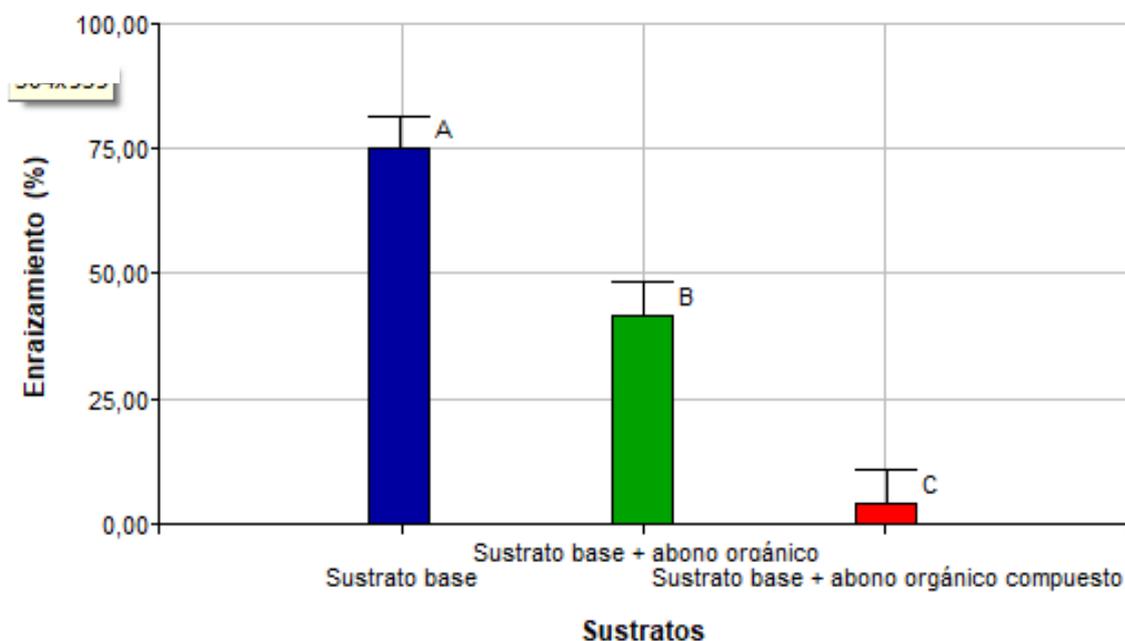
Tabla 16

Prueba de Tukey para enraizamiento según sustratos utilizados

Sustratos	Medias	n°	E.E.	Jerarquía de los tratamientos
Sustrato base	75,00	8	6,61	A
Sustrato base + abono orgánico	41,67	8	6,61	B
Sustrato base + abono orgánico compuesto	4,17	8	6,61	C
DMS=25,24092	Alfa=0,05	Error: 349,3552	gl: 11	

Figura 13

Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según sustratos utilizados



En la tabla 16 y figura 13, se visualiza el hallazgo de la prueba post hoc de Tukey, donde el sustrato base a ejercido mayor influencia en el enraizamiento de las estacas. Por su parte lo sustratos + abono orgánico compuesto a alcanzado niveles muy bajos de influencia en el enraizamiento de estacas. Sin embargo, los sustratos + abono orgánico a alcanzado un nivel medio de influencia en el enraizamiento de estacas.

Tabla 17

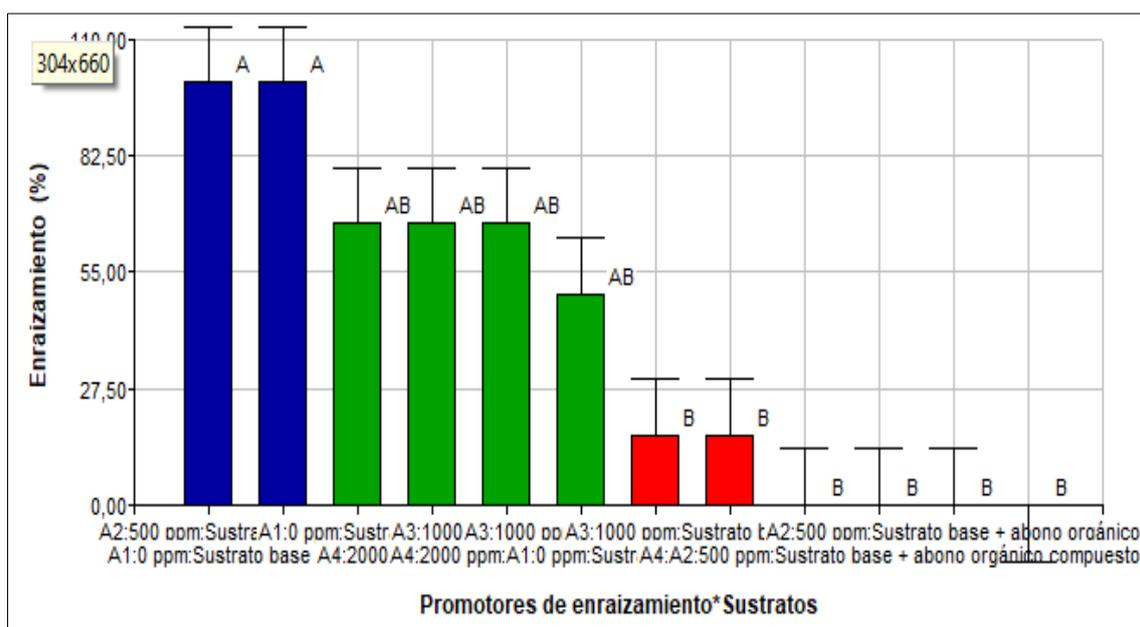
Prueba de Tukey para enraizamiento según la interacción promotores de enraizamiento sustrato

Tratamientos	Sustratos	Medias	n°	E.E.	Jerarquía de los tratamientos
A2: 500 ppm	Sustrato base	100,00	2	13,22	A
A1: 0ppm	Sus. Base + abono orgánico	100,00	2	13,22	A
A1: 0 ppm	Sustrato base	66,67	2	13,22	A B
A4: 2000 ppm	Sustrato basa	66,67	2	13,22	A B
A3: 1000 ppm	Sustrato base	66,67	2	13,22	A B
A4: 2000 ppm	Sustrato base + abono Orgánico	50,00	2	13,22	B
A3: 1000 ppm	Sustrato base + abono orgánico	16,67	2	13,22	B
A1: 0 ppm	Sustrato base + abono orgánico	16,67	2	13,22	B
A3: 1000 ppm	Sustrato base + abono orgánico compuesto	0,00	2	13,22	B
A4: 2000 ppm	Sustrato base + abono orgánico compuesto	0,00	2	13,22	B
A2: 500 ppm	Sustrato base + abono orgánico compuesto	0,00	2	13,22	B

DMS=75,50636 Alfa=0,05 Error: 349,3552 gl: 11

Figura 14

Jerarquización de tratamientos de enraizamientos según la interacción promotores de enraizamiento sustrato



En la tabla 17 y figura 14, es visible el hallazgo de la prueba post hoc de Tukey, de todas las combinaciones de promotores de enraizamiento más sustratos. Se obtuvo que la combinación de 500 ppm de promotores de enraizamiento más sustrato base y la ausencia de los promotores de enraizamiento más sustrato base con abono orgánico, son las que más influye en el enraizamiento. El resto de tratamientos son las que obtuvieron menor influencia en el enraizamiento. Por lo que lo más recomendable es utilizar sustrato base más 500 ppm de promotores de enraizamiento para la propagación de estacas de la especie evaluada.

4.1.4. Propuesta de sustrato y promotores de enraizamiento para propagación de estacas de *Tabebuia chrysantha*

El mejor tratamiento es el que comprende la utilización del sustrato base más la adición de 500 ppm de promotores de enraizamiento constituidos por AIB más ANA. Asimismo, el tratamiento de sustrato base + abono orgánico sin la adición de las hormonas, obtuvo igual resultado.

Por lo tanto, tomando en cuenta que el tratamiento A2 500 ppm considera el uso de sustrato simple sin el uso de ningún abono obtiene los mejores resultados sería el más recomendable para proponerlo ya que al mismo tiempo es el más económico y fácil de preparar en cualquier parte. Así mismo, contempla el uso a dosis baja de hormonas AIB más ANA (500 ppm) esto no incrementaría de manera importante los costos de producción.

4.2. Discusión

Luego de ejecutada la investigación, se obtuvieron datos que procesados estadísticamente de manera adecuada, permitieron responder la pregunta de investigación, obteniéndose que se logró determinar el efecto de los promotores de enraizamiento utilizados a través de un producto comercial y los sustratos preparados, mostrados en la tabla 3, en la propagación vegetativa por estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq) G. Nicholson; obteniéndose que si hay influencia de los sustratos más promotores de enraizamiento, además se determinó que la mejor combinación fue del sustrato base más el uso de 500 ppm de promotores de enraizamiento, siendo la más recomendada para la propagación clonal a través de estacas para esta especie.

Los resultados obtenidos, lograron cumplir lo planteado por los objetivos específicos de la investigación, a continuación, se analiza los mismos de acuerdo a los objetivos específicos planteados.

En cuanto a la preparación de los sustratos tomando en cuenta las formulaciones propuestas, más la adición del promotor de enraizamiento comercial que contenía auxinas como el ácido naftalen acético y el ácido indol butírico. Se formuló un total de 12 combinaciones entre sustratos y promotores de enraizamiento, tal como se muestra en la tabla 3. Se realizó un análisis del sustrato base, para conocer la riqueza en nutrientes que contuvo cada una de las combinaciones que se utilizó, siendo más rica en nutrientes la combinación de sustrato base más abono orgánico compuesto, ya que tiene todos los macronutrientes; de manera similar, investigadores como Bautista et al. (2022), recomiendan utilizar fertilización en los sustratos para el enraizamiento de estacas, para potenciar el efecto de los promotores de enraizamiento; por su parte Miranda (2022) en su investigación para propagar vegetativamente por estacas, recomienda sustrato base más la adición de abonos orgánicos ricos en materia orgánica. En cuanto a los promotores de enraizamiento utilizados, investigadores como Bautista et al. (2022), Bingazoli et al. (2021), Navarrete (2016), y Quinapallo & Velez (2013), recomiendan los mismos compuestos como son el ácido naftalen acético y el ácido indol butírico.

En cuanto a lo establecido en el segundo objetivo específico, se obtuvo una sobrevivencia máxima de las estacas se logró con una combinación de sustrato base más 500 ppm de promotores de enraizamiento, y similar resultado obtuvo la combinación de sustrato base más abono orgánico sin promotor de enraizamiento; ambas combinaciones lograron la sobrevivencia de todas las estacas; investigadores como Sanchez (2011), obtuvo resultados diferentes, ya que en el ensayo realizado, no lograron sobrevivencia de las estacas con ningún tratamiento, esto puede deberse al sistema de propagación utilizado de subirrigación que saturó de humedad a la estaca impidiendo su enraizamiento, ya que la especie es propia de bosque seco; sin embargo, por su parte, More et al. (2021), alcanzó una sobrevivencia alta de 76.85 %, al usar el sistema de subirrigación, pero en estacas de la especie *Retrophyllum rospigliosii*, la misma que es propia de bosques muy húmedos montanos.

En cuanto al enraizamiento, los resultados mostraron que la combinación de sustrato base más 500 ppm de promotores de enraizamiento, y la combinación de sustrato base más abono orgánico sin promotor de enraizamiento, fueron los mejores, como se puede apreciar en

la tabla 8, la combinación sustrato base más abono orgánico con 2000 ppm de promotor de enraizamiento alcanzó el mejor enraizamiento; otros investigadores como Bautista et al. (2022), logro un 77,8 % de enraizamiento usando una concentración de 500 ppm de un promotor de enraizamiento a base de AIB; de la misma manera Binganzoli et al. (2021) encontraron que al usar dosificación de 1000 ppm de promotor de enraizamiento a base de ANA, alcanzaron 71 %; por su parte More et al. (2021) solo alcanzó un 40 % de enraizamiento usan 3000 ppm de promotor de enraizamiento a base de AIB. Las similitudes en el enraizamiento de los investigadores mencionados se deben a concentraciones similares de promotores de enraizamiento y usando sustratos enriquecidos con abonos orgánicos ricos en materia orgánica; sin embargo, al usar mayor concentración de promotor de enraizamiento como es el caso de la investigación de More et al. (2021), el porcentaje de enraizamiento disminuyó significativamente, lo cual es similar al resultado obtenido en la investigación, que al utilizar 2000 ppm de promotor de enraizamiento solo se alcanzó un 60 % de estacas con indicios de enraizamiento. En cuanto a la influencia de las hormonas vegetales tipo auxinas, Castrillon et al. (2008), establece que las hormonas juegan un papel crucial en el enraizamiento de estacas, las auxinas, en particular, son las más importantes en este proceso, estas hormonas estimulan la iniciación de raíces adventicias en las estacas de tallo, tanto herbáceas como leñosas; las auxinas más comúnmente utilizadas para el enraizamiento son el ácido naftalenacético (ANA), el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido indolacético (AIA); estas hormonas se aplican en diferentes concentraciones para mejorar la viabilidad y el éxito del enraizamiento, por ejemplo, el AIB a una concentración de 200 mg/L ha demostrado ser efectivo para inducir raíces en ciertas especies.

En cuanto a la producción de brotes y su crecimiento se obtuvo que la combinación de sustrato base más 2000 ppm de promotor de enraizamiento produjo brotes con un crecimiento promedio de 4.0 cm, de igual manera la combinación de sustrato base más 1000 ppm de promotor de enraizamiento produjo brotes que alcanzaron un crecimiento promedio de 2.80 cm; los resultados indican que la presencia de abonos orgánicos y compuestos orgánicos, no promueven el crecimiento de los brotes, por lo que estos se deben sobre todo al almacenamiento de sustancias nutritivas en la estaca; investigadores como Ojeda & Manayay (2019), alcanzaron un mayor porcentaje de brotes al usar una dosificación de 250 ppm de promotor de enraizamiento a base de AIB más ANA; por su parte More et al. (2021), encontró una brotación del 70 % de estacas, al usar 3000 ppm de promotor de enraizamiento a base de AIB. Los resultados y la comparación con los resultados de otros investigadores indican que

para la producción de brotes y su crecimiento es primordial una alta concentración de promotores de enraizamiento del tipo AIB o ANA, ya que estos promueven la división celular y el crecimiento vegetativo de las yemas o parénquimas, así mismo al haberse promovido la formación de callos en las bases de las estacas, esto produjeron citoquininas que han generado o incentivado la multiplicación celular de las yemas axilares de las estacas a través de un crecimiento plagiotrópico Bidwell (1994).

En lo relacionado al efecto de los sustratos ensayados y las concentraciones de promotores de enraizamiento en el enraizamiento de las estacas de *Tabebuia chrysantha*, se obtuvo la formación de callos con presencia de primordios radiculares. El análisis de varianza realizado arrojó que los promotores de enraizamiento, los sustratos y la combinación de ambos factores influyeron en el enraizamiento de las estacas, por lo que la hipótesis planteada se validó. En la jerarquización de tratamientos de factores y combinaciones, se obtuvo que, para el caso de la concentración de promotores de enraizamiento, se obtuvo mayor enraizamiento al no usar estas sustancias, ya que al usar en una concentración de 2000 ppm el porcentaje de enraizamiento disminuye de 61.11 % a 38.89 %; estos resultados difieren ligeramente con el encontrado por Bautista et al. (2022), quien al usar una concentración de 5000 ppm de promotor de enraizamiento, alcanzó un enraizamiento de 73.8 % de las estacas; de igual manera Sánchez (2011) al usar diversas concentraciones de promotores de enraizamiento, no logró enraizar las estacas de la especie en estudio; por su parte More et al. (2021) alcanzó un enraizamiento de 40 % al usar una concentración de 3000 ppm de promotor de enraizamiento. De acuerdo a lo obtenido por los investigadores, las estacas de *Tabebuia chrysantha* es difícil de enraizar, formándose con mucha facilidad callos, pero no raíces definitivas, en la investigación realizada se alcanzó a la formación de primordios radiculares en el mejor tratamiento.

En cuanto a los sustratos, el análisis estadístico arrojó que el sustrato base es el más indicado para la propagación vegetativa por estacas de la especie, ya que obtuvo el mayor porcentaje con un 75 % en promedio; este resultado y su interacción con el resultado de promotores de enraizamiento, arrojó que las mejores combinaciones para el enraizamiento son el sustrato base más 500 ppm de promotores de enraizamiento y el sustrato base sin promotores de enraizamiento, ya que alcanzaron el enraizamiento de la totalidad de estacas, los resultados; investigadores como Escamilla et al. (2020), alcanzó un 77 % de enraizamiento al utilizar un sustrato a base de materia orgánica; por su parte Carranza et al. (2013), uso un sustrato rico en materia orgánica y una concentración de promotores de

enraizamiento de 1500 ppm, logrando un enraizamiento del 62.5 % hasta 93.5 %, estos valores son muy similares al alcanzado en la investigación; Sánchez (2011), alcanzó solo un 21 % de enraizamiento al usar 1000 ppm de promotor de enraizamiento, lo cual difiere significativamente con los resultados obtenidos. Por otro lado, autores especialistas en fisiología vegetal como Bidwell (1993), recomiendan que los sustratos deben ser muy similares a los naturales donde se desarrolla la especie para lograr resultados aceptables; sin embargo, para el ensayo y otros ensayos realizados por investigadores, se usó sustratos muy enriquecidos y con pH ligeramente ácido, que difieren de los suelos naturales del bosque seco.

Los resultados obtenidos en la investigación, al ser validada por algunos investigadores citados en los antecedentes, son confiables para su aplicación en estrategias para la solución de la realidad problemática; esta validación fue desde el punto de vista metodológico, ya que se siguió de manera estricta lo planteado en el proyecto de investigación; estadísticamente, porque se aplicó un análisis estadístico para validar la hipótesis planteada; y el alineamiento con el área de propagación de plantas, al haberse utilizado procedimientos que son aplicables a la producción de plántones en viveros forestales, lo que va a permitir su replicación rápida. Sin embargo, la investigación no alcanzó el enraizamiento completo de las estacas, al formarse solo primordios radiculares luego de la formación de callos, por lo que se hace necesario plantear recomendaciones de otros tratamientos, para aplicar metodologías de propagación de estacas en sustratos diferentes para cada fase del enraizamiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se realizaron las formulaciones de sustratos y promotores del enraizamiento que contienen AIB más ANA; obteniéndose doce sustratos, uno simple, denominado sustrato base y otros complejos que contuvieron sustrato base más abonos orgánicos y hormonas AIB + ANA.

Se establecieron los porcentajes de sobrevivencia, enraizamiento y crecimiento de brotes las estacas; encontrándose que la sobrevivencia es mayor cuando no se aplica hormonas. En cuanto al enraizamiento la dosificación de hormonas en 500 ppm alcanzó un 100% de enraizamiento. Por su parte los brotes alcanzaron su mayor crecimiento con el sustrato base más 2000 ppm de hormonas llegando a 4,00 cm.

Se cuantifico el efecto de las hormonas y sustrato en el enraizamiento de las estacas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, obteniéndose que los sustratos, y hormonas utilizados si influyen en el enraizamiento de estacas; la mejor combinación fue la del sustrato base con el uso de 500 ppm de hormonas; siendo esta la más recomendable para la propagación por estacas de la especie.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a las instituciones públicas o privadas, tomar en cuenta los resultados que se obtuvo en la investigación para promover a la propagación clonal a través de estacas de la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson.

Se recomienda a la Universidad Nacional de Cajamarca promover en sus estudiantes de Ingeniería Forestal a realizar investigaciones, donde se consideren otras variables para lograr una mejor propagación clonal de la especie.

Se recomienda a otros investigadores interesados en indagar sobre la especie, ensayar con otros sustratos y dosificaciones de promotores de enraizamiento y de esta manera alcanzar resultados más satisfactorios.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Ojeda, A., & Levet Cuminao, O. (2014). Manual de protocolos de producción de especies utilizadas en el programa de arborización. En Conaf, *Cryptocarya alba (Molina) Looser* (1 ed., págs. 35 - 38). Santiago de Chile: Maval Ltda. https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_Protocolos_de_Produccion.pdf
- Bailón Piloza, R. M. (2022). *Evaluación de tres enraizantes naturales en la reproducción asexual de Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud y Swietenia macrophylla en vivero*. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura . Jipijapa, Manabí, Ecuador: Repositorio Digital UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3695/1/tesis%20final%20entregar.pdf>
- Bautista-Ojeda, G. I., Vargas-Hernández, J. J., Jiménez-Casas, M., & López-Peralta, M. C. (2022). Manejo de planta y aplicación de AIB en el enraizado de estacas de Pinus patula. *Madera y Bosques*, 28(1): 1- 11. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v28n1/2448-7597-mb-28-01-e2812060.pdf>
- Bidwell, R. (1990). Fisiología vegetal. México: AGT EDITOR, S.A. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fisiologiavegetalbidwell.pdf>
- Biganzoli, M., Castro, C., Ghío, N., Gabriel, P. M., Álvarez, N., & Buyatti, M. (2021). Efecto de la aplicación de ácido naftalén acético sobre el enraizamiento de estacas leñosas de Croton urucurana Baill., Tabernaemontana catharinensis A. DC. y Paullinia elegans Cambess. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(1): 189 - 203. <http://www.scielo.org.ar/pdf/fave/v20n1/1666-7719-fave-20-01-189.pdf>
- Cajamarca Cajuela, M. (2020). *Manejo agroforestal del árbol de guayacán (Tabebuia chrysantha (Jacq.) G.Nicholson)*. Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo, Ecuador. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CAJAMARCA%20JUELA%20MONICA%20BEATRIZ_compressed\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CAJAMARCA%20JUELA%20MONICA%20BEATRIZ_compressed(1).pdf)

- Carranza Patiño, M., Cruz Ibarra, O., Nieto Rodríguez, E., Saucedo Aguiar, S., Cevallos Falquez, O., Escobar Troya, A., . . . Morante Carrie, J. (2013). Propagación de *Tabebuia donnell-smithii* rose (guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. *Ciencia y Tecnología*, 5(2):17 - 26.
https://www.researchgate.net/publication/321638911_PROPAGACION_DE_Tabebuia_Donnell-Smithii_Rose_GUAYACAN_BLANCO_UTILIZANDO_HORMONAS_DE_ENRAIZAMIENTO
- Casas Niño, S. A. (2022). *Efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de Eucalyptus grandis x urophylla, distrito de Pangoa, Satipo, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Perú: Repositorio Institucional UNALM.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5406/casas-ni%C3%B1os-sebastian-amtonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castrillón, J. C., Carvajal, E., Ligarreto, G. y Magnitskiy, S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 16–22.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13912>
- Elorza, M. I. (2009). *Reproducción de plantas*. Santiago.
http://www.munistgo.info/medio_ambiente/biblioteca_digital/Reproducci%C3%B3n_de_Plantas.pdf
- Escamilla-Hernández, N., Aldrete, A., Vargas-Hernández, J. J., Villegas-Monter, Á., & López-López, M. Á. (2020). Propagación vegetativa de *Pinus patula* SCHIEDE ex SCHLTDL. et CHAM. en diferentes sustratos. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(2): 215 - 221.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n2/0187-7380-rfm-43-02-215.pdf>
- Valera, L. A. y Garay, V. E. (2017). *Producción vegetal y establecimiento de plantaciones. Tema 3.- Propagación asexual de plantas*. Universidad de los Andes.
<http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2017/01/Tema-3-PVEP.pdf>
- González Candia, P. (2021). *Rizobacterias que promueven el enraizamiento de miniestacas de híbridos de Eucalyptus SP. y sus posibles mecanismos de acción*. Universidad de

- Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile: Repositorio Institucional UC.
<http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/9362/1/TESIS%20RIZOBACTERIAS%20QUE%20PROMUEVEN%20EL%20..Image.Marked.pdf>
- Gonzalez, A. M., & Arbo, M. (2013). *Morfología de Plantas Vasculares. Tema 1: Organización del Cuerpo de las Plantas*. Universidad Nacional del Nordeste.
<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema1/1-3yemas.htm>
- González Pulido, A., Rodríguez Trejo, D. A., Corona Ambríz, A. y Vera Castillo, J. A. (2018). Propagación por estacas y calidad de planta en *Acer negundo* L. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10 (51), 224-243.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v10n51/2007-1132-remcf-10-51-224.pdf>
- Guerra Arévalo, H., Arévalo López, L. A., Vásquez Vela, A. L., Guerra Arévalo, W. F., & Del Castillo Torres, D. (2018). *Manual técnico. Propagación vegetativa de Bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en ambientes controlados* (1 ed.). Tarapoto, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Estudio Gráfico Creart.
https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/378/1/Guerra_documentotecnico_2018.pdf
- Hernández, J. (2015). *Guayacán (Bignoniaceae)*. Área de Conservación Guanacaste.
<https://www.acguanacaste.ac.cr/paginas-de-especies/plantas/283-bignoniaceae/730-i-handroanthus-guayacan-i-bignoniaceae>
- Hernández, J., Quiroz, I., Pincheira, M., & Gacitúa, S. (2021). Efecto de la Fertilización Nitrogenada y Fosforada en plantas de Raulí sobre su Respuesta Fisiológica, Crecimiento, Producción de Brotes y Enraizamiento de Estacas. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(2): 69 - 83.
<https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/550/559>
- Huinga Escalante, J. M. (2022). *Propagación vegetativa de Canelón (Aniba canelilla (kunth) Mez) mediante el método de enraizamiento de estaquillas utilizando cámara de subirrigación, Tambopata - Madre de Dios*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Facultad de Ingeniería . Puerto Maldonado, Perú: Repositorio Institucional UNAMAD.

<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/846/004-2-3-132.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Industria Sulfúrica S.A. (2013). *Promotores del crecimiento radicular y nodulación*. <http://isusa.com.uy/files/2016-03/promotores-del-crecimiento-radicular-y-nodulacion.pdf>

Landis, T. D. (s.f.). Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor. En *Propagación de Plantas. Propagación Vegetativa* (Vol. 6, págs. 126 - 135). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Laura Masco, N. P. (2014). *Efecto de seis sustratos en el enraizamiento de esquejes de sauco (Sambucus nigra) en ambiente protegido*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia: Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8371/T-2262.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manihuari Rioja, A. D. (2022). *Influencia de sustratos, dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plántones Copaifera paupera (Herzog) Dwyer (Copaiba) en túneles de Subirrigación*. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Pucallpa, Perú: Repositorio Institucional UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5576/B7_2022_UNU_INGENIERIA_T_2022_ALIDA_MANIHUARI.pdf?sequence=1

Meza Ugaz, C. L. (2017). *Efecto de ácido giberélico y la temperatura en la propagación sexual de guayacan (Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1712/T016_45011134_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Miranda Rea, L. E. (2022). *Efecto de tres tipos de sustratos en la propagación asexual de aliso Alnus acuminata, Kunth en la fundación Inti Daquilema, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Chimborazo, Ecuador: Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16103/1/33T00341.pdf>

- More, P., Cuellar, J., & Salazar, E. (2021). Propagación vegetativa de *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page “ulcumano” en cámara de subirrigación en Chanchamayo / Perú. *Ecología Aplicada*, 20(1), 15-23. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v20n1/1726-2216-ecol-20-01-15.pdf>
- Navarrete Gavilanez, K. L. (2016). *Uso de auxinas en acodos aéreos para la propagación de plantas in vivo de guayacán (Tabebuia chrysantha Jacq)*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador: Repositorio Institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9867/1/Navarrete%20Gavilanez%20Kleber%20Leonardo.pdf>
- Ojeda García, Q. E., & Manayay Ortega, M. (2019). *Propagación por estacas de Retrophyllum rospigliosii Pilger y Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson con diferentes niveles de regulador de crecimiento, Jaén, Cajamarca, 2019*. Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental. Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNJ. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/151/1/Ojeda_GQE_Manayay_OM.pdf
- Osuna Fernández, H. R., Osuna Fernández, A. M., & Fierro Álvarez, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores* (1 ed.). México: Universidad Autónoma Metropolitana. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf
- Quinapallo Paucar, T., & Velez Peña, N. (2013). *Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales promisorias del bosque seco del cantón Zapotillo, provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Renovables. Loja, Ecuador: Repositorio Institucional UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5245/1/TESIS%20PROPAGACION%20SEXUAL%20Y%20ASEXUAL%20QUINAPALLO%20VELEZ.pdf>
- RAE (Real Academia Española). (2020). *Sobrevivencia*. <https://dle.rae.es/sobrevivencia>
- Reyes Quiñones, J. (2015). *Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas*. Clúster de Viveristas, Consejo Nacional de Competitividad, Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Santo Domingo, República Dominicana. <https://www.competitividad.org.do/wp->

content/uploads/2016/05/Gu%C3%ADa-de-t%C3%A9cnicas-m%C3%A9todos-y-procedimientos-de-reproducci%C3%B3n-asexual-o-vegetativa-de-las-plantas.pdf

Rimachi Daza, E. (2020). *Evaluación de cuatro sustratos para el enraizamiento de estacas de dos ecotipos de "pushgay" (Vaccinium floribundum Kunth) mediante el uso del ácido Indol-3-Butirico*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. Lima, Perú: Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4420/rimachi-daza-elvis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez Ocaña, G. (2011). *Propagación vegetativa de cuatro especies forestales utilizando un propagador de subirrigación*. Colegio de Postgraduados, Programa en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Cárdenas, Tabasco, México: Colpos digital. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/511/1/Sanchez_Ocana_G_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2011.pdf

Sánchez-Santillan, T., Meléndez-Mori, J. B., Morales-Rojas, E., Chichipe-Puscan, A. K., Oliva-Cruz, S. M., & Huaman-Vela, M. H. (2021). Multiplicación clonal del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.): una alternativa para conservar el árbol nacional de Perú. *Bioagro*, 33(3): 215-222. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8135617>

Sisaro, D., & Hagiwara, J. (2016). *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo* (1 ed.). (M. d. Agroindustria, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Editorial INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA). (2018). Biodiversidad: El 60% del territorio peruano está cubierto por bosques tropicales. *SPDA Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/biodiversidad-el-60-del-territorio-peruano-esta-cubierto-por-bosques-tropicales/>

Torrez, M. (2022). Técnicas empleadas en la propagación vegetativa de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Grisebach) [Trabajo Final para optar por el grado de Especialista en Cultivos Intensivos, Universidad Nacional del Litoral]. Biblioteca Virtual UNL. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6664/TFI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Trópicos-Missouri Botanical Garden. (2021). *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson.
<https://www.tropicos.org/name/3700404>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (s.f.). *Porpagación por estacas*.
<http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Ense%C3%B1anza/Clases%20PROPA/SPP.ES TACAS.pdf>
- Vinueza, M. (2012). *Ficha Técnica N° 6: guayacán*. Ecuador Forestal:
<https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/fichatecnica-no-6-guayacan/>
- Wong Heredia, E. E. (2016). *Estudio Fenológico de Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson y *Tabebuia billbergii* (Bureau & K. Schum.) Standl. en la Reserva Ecológica de Arenillas. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador: Repositorio Institucional UTPL.
https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15713/1/Wong_Heredia_Edison_Eudocio.pdf
- Zavaleta Gómez, D. P. (2019). *Efecto de diferentes tratamientos en la capacidad de enraizamiento de estaquillas juveniles de Dipteryx*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Perú: Repositorio Institucional UNALM.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4362/zavaleta-gomez-diego-patricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPÍTULO VII

ANEXO

ANEXO 01. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de promotores del enraizamiento y sustratos en la propagación vegetativa por estacas de la especie <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, Jaén 2021?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar el efecto de promotores del enraizamiento y sustratos en la propagación vegetativa por estacas de la especie <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, Jaén 2021</p> <p>Específico 01:</p> <p>Realizar las formulaciones de sustratos y promotores del enraizamiento para aplicar a las estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson</p> <p>Específico 02:</p> <p>Establecer el porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y crecimiento de brotes en las estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, luego de aplicado los tratamientos en estudio</p> <p>Específico 03:</p> <p>Cuantificar el efecto de los promotores de enraizamiento y sustrato en el enraizamiento de las estacas de <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, para proponer la mejor combinación en la propagación clonal de la especie</p>	<p>General:</p> <p>Cuando se utilizan promotores del enraizamiento y sustratos mejorados en la propagación vegetativa por estacas de la especie <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, se espera un incremento en el porcentaje de enraizamiento</p>	<p>Independient</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promotores de enraizamiento • Sustratos <p>Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sobrevivencia • Enraizamiento de las estacas • Crecimiento de brotes 	<p>Diseño experimental aleatorio del tipo factorial A*B. Factor A: promotores de enraizamiento con cuatro niveles Factor B: sustratos con tres niveles. Se plantearon dos bloques con fines de ajuste estadístico</p>

ANEXO 02. Datos recolectados en los instrumentos

*Tabla resumen de los datos obtenidos en la medición de brotes y raíces de *Tabebuia crisantha* (Jacq.) G. Nicholson*

Tratamientos	Raíces											
	Brotes				Bloque I			Bloque II			Sobrevivencia	
	Estaca	Nº	%	Longitud * (cm)	Estaca	Nº	%	Estaca	Nº	%	Nº	%
Tierra y arena (A1B1)	1				1	8	33,33				1	16,67
	2				2						0	0,00
	3	1	16,67	1	3	7	33,33				1	16,67
	4	1	16,67	0,5				4	6	33,33	1	16,67
	5	1	16,67	0,5				5			1	16,67
	6	1	16,67	1				6	8	33,33	1	16,67
	X		66,67	0,8	X	8	66,67	X	7	66,67	5	83,33
Tierra, arena y guano de isla (A1B2)	1	2	16,67	1,5				1	8	33,33	1	16,67
	2	1	16,67	0,5				2	3	33,33	1	16,67
	3	1	16,67	0,5				3	7	33,33	1	16,67
	4	1	16,67	0,5	4	9	33,33				1	16,67
	5	1	16,67	1	5	3	33,33				1	16,67
	6	1	16,67	1	6	9	33,33				1	16,67
	X		100,00	0,8	X	7	100,00	X	6	100,00	6	100
Tierra, arena y biosol (A1B3)	1				1	7	33,33	1			1	20,00
	2				2			2			0	0,00
	3				3			3			0	0,00
	4				4			4			0	0,00
	5				5			5			0	0,00
	X		0,00		X	7	33,33	X	0,00	0,00	1	20,00
Tierra y arena (A2B1) (I=500 ppm)	1							1	8	33,33	1	20,00
	2	1	20	0,5				2	10	33,33	1	20,00
	3							3	9	33,33	1	20,00
	4	1	20	0,5	4	7	50				1	20,00
	5				5	8	50				1	20,00
	X		40,00	0,5	X	8	100,00	X	9	100,00	5	100,00
Tierra, arena y guano de isla (A4B2) (3=2000 ppm)	1							1			0	0,00
	2							2			0	0,00
	3							3	4	33,33	1	20,00
	4	1	20	2	4	5	33,33				1	20,00
	5				5	7	33,33				1	20,00
	6				6						0	0,00
	X		20,00	2	X	6	66,67	X	4	33,33	3	60,00
Tierra y arena (A3B1) (2=1000 ppm)	1							1	9	33,3333333	1	16,67
	2							2			0	0,00
	3							3			0	0,00
	4	1	20	5	4	8	33,33				1	16,67
	5				5	9	33,33				1	16,67

	6	1	20	0,5	6	9	33,33				1	16,67
	X		40,00	2,8	X	9	100,00	X	9	33,33	4	66,67
Tierra, arena y guano de isla (A2B2) (1=500 ppm)	1				1			1			0	0
	2				2			2			0	0
	3				3			3			0	0
	4				4			4			0	0
	5				5			5			0	0
	X		0,00		X		0,00	X		0,00	0	0
Tierra, arena y biosol (A2B3) (1=500 ppm)	1				1			1			0	0
	2				2			2			0	0
	3				3			3			0	0
	4				4			4			0	0
	5				5			5			0	0
	X		0,00		X		0,00	X		0,00	0	0
Tierra, arena y guano de isla (A3B2) (2=1000 ppm)	1				1	7	33,33	1	0		1	20
	2				2			2			0	0
	3				3			3			0	0
	4				4			4			0	0
	5				5			5			0	0
	X		0,00		X	7	33,33	X	0	0,00	1	20
Tierra, arena y biosol (A4B3) (3=2000 ppm)	1				1			1			0	0
	2				2			2			0	0
	3				3			3			0	0
	4				4			4			0	0
	5				5			5			0	0
	X		0,00		X		0,00	X		0,00	0	0
Tierra y arena (A4B1) (3=2000 ppm)	1							1			0	0
	2							2			0	0
	3							3	9	33,33	1	20
	4				4	8	50,00				1	20
	5	1	20	4	5	8	50,00				1	20
	X		20,00	4	X	8	100,00	X	9	33,33	3	60
Tierra, arena y biosol (A3B3) (2=1000 ppm)	1				1			1			0	0
	2				2			2			0	0
	3				3			3			0	0
	4				4			4			0	0
	5				5			5			0	0
	X		0,00		X		0,00	X		0,00	0	0

**ANEXO 03. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento de estacas de
Tabebuia crysantha (Jacq.) G. Nicholson**

Nueva tabla : 29/05/2024 - 17:25:01 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Enraizamiento (%)	24	0,90	0,80	46,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36111,56	12	3009,30	8,61	0,0006
Promotores de enraizamient..	3842,91	3	1280,97	3,67	0,0473
Sustratos	20092,82	2	10046,41	28,76	<0,0001
Bloque	2268,65	1	2268,65	6,49	0,0271
Promotores de enraizamient..	9907,18	6	1651,20	4,73	0,0128
Error	3842,91	11	349,36		
Total	39954,46	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=32,47688

Error: 349,3552 gl: 11

Promotores de enraizamient..	Medias	n	E.E.
A1: 0 ppm	61,11	6	7,63 A
A4: 2000 ppm	38,89	6	7,63 A B
A2: 500 ppm	33,33	6	7,63 A B
A3: 1000 ppm	27,78	6	7,63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=25,24092

Error: 349,3552 gl: 11

Sustratos	Medias	n	E.E.
Sustrato base	75,00	8	6,61 A
Sustrato base + abono orgá..	41,67	8	6,61 B
Sustrato base + abono orgá..	4,17	8	6,61 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,79481

Error: 349,3552 gl: 11

Bloque Medias n E.E.

I	50,00	12	5,40	A
II	30,56	12	5,40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=75,50636

Error: 349,3552 gl: 11

Promotores de enraizamient..	Sustratos	Medias	n
E.E.			
A2: 500 ppm	Sustrato base	100,00	2
13,22 A			
A1: 0 ppm	Sustrato base + abono orgá..	100,00	2
13,22 A			
A1: 0 ppm	Sustrato base	66,67	2
13,22 A B			
A4: 2000 ppm	Sustrato base	66,67	2
13,22 A B			
A3: 1000 ppm	Sustrato base	66,67	2
13,22 A B			
A4: 2000 ppm	Sustrato base + abono orgá..	50,00	2
13,22 A B			
A3: 1000 ppm	Sustrato base + abono orgá..	16,67	2
13,22 B			
A1: 0 ppm	Sustrato base + abono orgá..	16,67	2
13,22 B			
A3: 1000 ppm	Sustrato base + abono orgá..	0,00	2
13,22 B			
A4: 2000 ppm	Sustrato base + abono orgá..	0,00	2
13,22 B			
A2: 500 ppm	Sustrato base + abono orgá..	0,00	2
13,22 B			
A2: 500 ppm	Sustrato base + abono orgá..	0,00	2
13,22 B			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 04. Análisis químico de nutrientes de sustrato base



Fecha de Recepción : 15/04/2024
 Solicitante : Bach.LUIS EDINSON RIMARACHIN CUEVA
 Tesis : EFECTO DE PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS DE LA ESPECIE Tabebuia Chrysantha (Jacq.) G. Nicholson, Jaen 2021
 I. Tipo de Análisis : Sustrato (arena sin tratamiento + suelo agrícola)

II. Resultados

Parámetros	Unidades	Resultados	Metodología
Potencial de Iones Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.95	Potenciometría
Conductividad eléctrica	mS/cm	2.99	Conductivimetría
Materia Orgánica	%	4.59	Calcinación
Fósforo	mgP/Kg suelo	55.83	Bry-Kurtz Espectrofotometría UV-VIS
Potasio	%	0.25	Electrodo de ion Selectivo
Calcio	mEq/100g	9.24	Titulación con EDTA
Magnesio	mEq/100g	5.72	
Arcilla	%	10.28	Boyacús
Arena	%	87.16	
Limo	%	2.56	
Textura	Franco Arenosa		


 Jorge A. Belgado Soto
 ING. RESPONSABLE
 C.P. 66757



ANEXO 05. Fichas técnicas de promotores de enraizamiento y abonos utilizados

FICHA TECNICA



FICHA TÉCNICA "ROOT- HOR"®

EMPRESA: Comercial Andina Industrial S.A.C.

PRODUCTO: **Root-Hor**® - Regulador de crecimiento

I.- N° REG. PBUA N° 057-SENASA

II.- INGREDIENTES ACTIVOS:

• Ácido Alfa Naftalenacético	0.40 %
• Ácido 3 Indol Butírico	0.10 %
• Ácidos Nucleicos	0.10 %
• Sulfato de Zinc	0.40 %
• Aditivos	c.s.p. 1 L

III.- CARACTERÍSTICAS: Físico - Químicas

• Estado Físico	Líquido
• Color	Verde oscuro
• Olor	Característico
• Densidad	1.10 +/- 0.05
• pH	4.0 +/- 1.0
• Solubilidad en agua	100 % Soluble
• Estabilidad	Estable
• Inflamabilidad	No inflamable
• Explosividad	No explosivo
• Corrosividad	No corrosivo
• Combustibilidad	No combustible
• Estabilidad de almacenamiento	Estable 2 años

IV.- FORMULACIÓN: Concentrado Soluble (SL).



Grupo
Andina

Código: GT-CAI-FO-004

Fecha de emisión: 12/05/2022

Versión: 00 Pág. 1 de 3

FICHA TECNICA

ABONOS

BIOSOL PRODUCCIÓN



Sol & Café
Farmer House

50kg

BIOSOL PRODUCCIÓN

BIOSOL PRODUCCIÓN

Sol & Café

LEPTO PROTECCIONAL

Componente	Porcentaje	Unidad
Nitrogeno	12.5%	kg
Fósforo	5.0%	kg
Potasio	2.0%	kg
Magnesio	2.0%	kg
Zinc	0.5%	kg
Cobalto	0.2%	kg
Cupero	0.2%	kg

BIOSOL PRODUCCIÓN

Sol & Café
Cooperativa de productores

FICHA TECNICA

1. INFORMACION NUTRICIONAL

MACRONUTRIENTES

%

Nitrógeno (NO ₃)	8.00
Fosforo (P ₂ O ₅)	8.00
Potasio (K ₂ O)	12.67
Calcio (CaO)	6.57
Magnesio (MgO)	2.33

MICRONUTRIENTES

%

Boro	0.12 ppm
Cobre	0.02 ppm
Hierro	0.42 ppm
Manganeso	0.03 ppm
Moibdeno	0.05 ppm
Zinc	0.11 ppm
Silice	0.27 ppm

CARACTERISTICAS QUIMICAS

PH	6.00-6.05
----	-----------



N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
10-14	10-12	2-3

VENTA EXCLUSIVA
PROHIBIDA SU REVENTA
AGRO RURAL

GUANO DE LAS ISLAS
“NATURAL”

Peso Aprox.: 50 kg.
Dir. Av. República de Chile 350 - Jesús María
Lima - Perú
Telf.: (01) 205-8030 Anex: 4170-4152
E-mail: guano_isla@agrorural.gob.pe

ANEXO 06. Panel fotográfico



Foto 1 al 4. Obtención, preparación y embalaje de varas para la obtención de estacas.



Fotos 5 al 8. Preparación de los sustratos, con adición de los abonos utilizados.



Fotos 9 al 12. Preparación de camas de llenado con el sustrato según los tratamientos en el estudio.



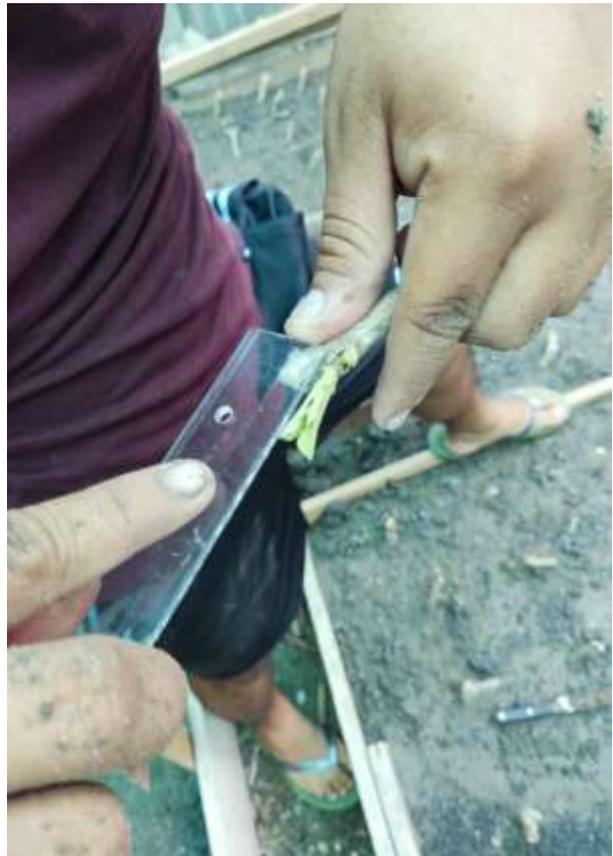
Fotos 13 al 17. Preparación de soluciones de promotores de enraizamiento y aplicación de los mismos a la estaca según su tratamiento.



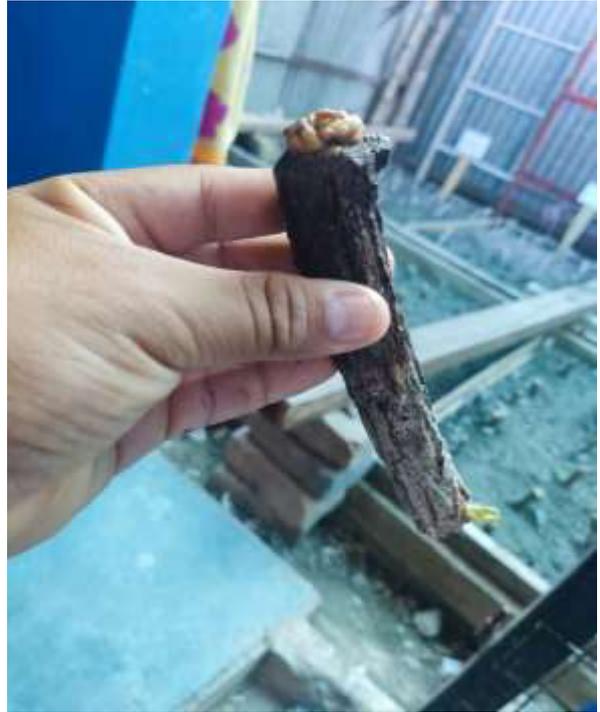
Fotos 18 y 19. Instalación de estacas en los viveros sustratos preparados según los tratamientos.



Fotos 20 y 21. Regado de estacas instaladas y coloca con de tinglados.



Fotos 22 al 25. Evaluación de producción de brotes y raíces a nivel de callos en la primera evaluación.



Fotos 26 al 29. Generación de brotes y raíces obtenidos en la segunda evaluación.



Fotos 30 al 34. Enraizamiento (primordio radicular, foto 30) y brotes de estacas en la tercera evaluación.

ANEXO 07. Ficha de identificación dendrológica de la especie

LEIWER FLORES FLORES
ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA
C.I.P. N° 56894
Cel. 918217105
Email: flores@unc.edu.pe

LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894 - ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

La identificación de la muestra de un árbol con fines de investigación de tesis titulado: "EFECTO DE PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS DE LA ESPECIE *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, JAÉN 2022", proveniente del bosque natural del Centro Poblado Shumba, distrito Bellavista, provincia Jaén, solicitada por el Bach. **LUIS EDINSON RIMARACHIN CUEVA**, Código de Estudios 2014290030, exalumno de la Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca. La muestra es conocida en la zona de estudio como "guayacán", la cual fue estudiada, identificada y ordenada para grupos taxonómicos de Gimnospermae y Angiospermae, de acuerdo al Sistema de Clasificación APG IV - 2016, se presenta a continuación:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016
Reino	Plantae
División	Angiospermae L.
Clase	Equisetosida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden	Asteranae Takht.
Orden	Lamiales Bromhead
Familia	Bignoniaceae Juss.
Género	<i>Handroanthus</i> Mattos
Especie	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) SO Grose
Sinonimia	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson

Jaén, 18 de noviembre del 2024.



Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
Especialista en Dendrología
C.I.P. N° 56894

ANEXO 08. Ficha silvicultural de la especie

Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O. Grose

[*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson]

Familia: Bignoniaceae

Sinonimia: *Bignonia chrysantha* Jacq., *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson (Trópicos.org, 2025).

Descripción de la especie

Árbol de 15-18 m de altura y de 20-40 cm de diámetro, fuste recto, cilíndrico escasamente ramificado, copa es irregular, amplia y redondeada su corteza presenta agrietamientos longitudinales de color pardo oscuro, hojas compuestas y opuestas con ápice agudo y bordes aserrados, envés ligeramente pubescente. Inflorescencia racimosa. Flores de forma tubular de color amarillo mudo 5 cm de longitud aproximadamente, con pedúnculo, sus frutos son, cilíndricos alargados (Aguirre, 2012).

Zona de vida

Las zonas de vida en las que se reporta la especie son en el bosque muy seco tropical (bms-T), bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo tropical (bh-T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM). El rango de altitud en el que más se reporta el guayacán es de 0 a 1.900 m s. n. m. (Cárdenas, 2016).

Usos

Esta especie da una de las maderas más pesadas y duraderas. Madera de valor y buena calidad, y muy resistente al comején. Usada en ebanistería, carpintería. Partes para vehículos; carrocerías, carruajes, vagones, ejes de carreta, etc. Instrumentos musicales; 30 arcos para violín. Artículos deportivos; cañas para pesca. Se utiliza en sistemas silvopastoriles, linderos, como sombra y ornamental. Se ha encontrado que el extracto de la corteza se usa como medicina, las flores en infusión se usan como tratamiento de la hepatitis y la corteza en cocción ayuda a aliviar la osteoporosis (Tovar, 2018).

Fenología

Floración. Presenta una floración explosiva que cubre, en la mayoría de los casos, el 100 % de la copa. Es usual que todos los árboles que están ubicados en la misma zona florezcan simultáneamente, sin embargo, en muchas ocasiones se presenta dos eventos en el año, uno, en el cual florecen unos pocos árboles entre diciembre y enero, y otro con una mayor duración y concentración de flores durante los meses de julio y septiembre, coincidiendo con un leve descenso en las lluvias (Gómez et al., 2013).

Fructificación. Se presenta en el mes de febrero, como consecuencia de la primera floración, y de julio a septiembre, resultado del segundo evento (Gómez et al., 2013).

Maduración de frutos. La maduración de los frutos es muy rápida, entre la formación de estos y su dehiscencia transcurren de 1 a 2 meses, se debe hacer un seguimiento muy detallado para definir el momento adecuado para la recolección ya que se debe realizarla antes de que los frutos hagan dehiscencia y se inicie la dispersión de las semillas (Gómez et al., 2013).

Ficha silvicultural

Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O. Grose

Particularidades de frutos y semillas

Número de semillas/kg 3,000 unidades.

Propagación por semillas (sexual)

La propagación por semillas es exitosa. Se produce una cosecha de semillas por año, se maduran dos meses luego de la floración. Los frutos se cosechan del árbol poco antes de abrir y la semilla se limpia a mano y se seca al sol. Inicio y finalización de la germinación la germinación se inicia a los 15 días de la siembra.

Poder germinativo

Tiene un poder germinativo recién cosechadas de 70-90 %, con más meses de almacenado, puede alcanzar el 50-60 % de germinación.

Manejo de la especie en vivero

Se siembra la semilla en almácigos y se repican a bolsas a 20 días de iniciada la germinación. Se almacenan las semillas y se mantienen viables por 6 meses; la conservación a 4 °C y secando hasta el 26 % de humedad permite una viabilidad hasta por 2 años. Las semillas tienen comportamiento ortodoxo para el almacenamiento.

Propagación asexual

Para otras especies del género que han sido estudiadas la propagación por estacas es viable; en la especie *Tabebuia guayacan* se reporta éxito en la propagación empleando estacas con hojas y también pseudoestacas (Flinta, 1960; Sandoval & Ramírez, 2000).

Plantación, crecimiento y cuidados

Las plantaciones pueden hacerse a campo abierto, raíz desnuda o trasladando los plantones en bolsas o con su sustrato (pan de tierra). El crecimiento de esta especie es medio, con incrementos de volumen de unos 6,500 m³ por ha/ año. El crecimiento de las plántulas es lento en el vivero (8 cm en 3 meses) pero en suelos ribereños alcanza hasta 3 m en un año. La plantación se efectúa a espaciamiento de 2x2 o 3x3 m.



Árbol de *Handroanthus chrysanthus*



Fuste de *Handroanthus chrysanthus*



Flores de *Handroanthus chrysanthus*



Frutos de *Handroanthus chrysanthus*



Semillas de *Handroanthus chrysanthus*

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía Dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO. Finlandia. Quito, Ecuador. 140 p.
- Cárdenas L. M. (2016). Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales. Revisión de información disponible para Colombia. Fundación Natura. Bogotá D. C. Colombia.
- Flinta, C. (1960). Prácticas de Plantación Forestal en América Latina. Colección FAO: Montes, Cuadernos de Fomento Forestal, Roma. 500 p.
- Gómez R., M. L., J. L. Toro M., & E. Piedrahita C. (2013). Propagación y conservación de especies arbóreas nativas. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia. Medellín: Corantioquia, 360 p.
- Reynel, C; Pennington, T.D; Pennnington, RT; Flores, C y Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Ed. 1. Edit. Tarea Asociación Gráfica Educativa. Perú– Lima. 509 p.
- Sandoval, C. & Ramírez, J. (2000). Respuesta de 25 especies maderables del bosque húmedo de Honduras en estudios de Fenología, viveros y plantación. In Congreso Forestal Latinoamericano 2000, Tomo III: Mesa redonda / Presentación de libros. Colegio de Ingenieros del Perú, Capítulo de Ingeniería Forestal, Lima, Perú. s. p.

Tovar, V. E. (2018). Actividad antibacteriana y antioxidante del aceite esencial extraído del tronco y corteza de la especie *Handroanthus chrysanthus* (Guayacán). Universidad Central de Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas. Carrera de Química Farmacéutica. [chrome-http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15263/1/T-UCE-0008-QF057-2018.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15263/1/T-UCE-0008-QF057-2018.pdf)

Tropicos.org. (2025). <https://www.tropicos.org/name/50313355>