UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

EFECTO DE AIB Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (SHIHUAHUACO) EN CÁMARA DE SUB-IRRIGACIÓN

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

MARI CARMEN, FERNANDEZ ANGULO

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 456 /2023- CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa siendo las 10:03 horas del día 21 de noviembre de 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales los mismos que estuvieron designados con Memo Múltiple N° 078-2023-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Fernando Velázquez de la Cruz	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romayna	Miembro
Mg. Desiderio Vásquez Placido	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis denominada: **"EFECTO DE AIB Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (SHIHUAHUACO) EN CÁMARA DE SUB-IRRIGACIÓN",** presentada por la Bachiller **MARI CARMEN FERNANDEZ ANGULO**, asesorado por el **Dr. Aparicio Limache Alonzo,** habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las cuales fueron absueltas por la sustentante. En consecuencia, la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL,** después de las correcciones respectivas a la tesis. Siendo las 11:00 a.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Dr. Fernando Velázquez de la Cruz
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Mg. Desiderio Vásquez Placido
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Esta tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Fernando Velázquez de la Cruz .....
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna .....
Miembro

Mg. Desiderio Vásquez Placido .....
Miembro

Dr. Aparicio Limache Alonzo .....
Asesor

Bach. Mari Carmen Fernandez Angulo .....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND/OURIGINAL

Nº V/0411-2023.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EFECTO DE AIB Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE SHIHUAHUACO (Dipteryx ferrea) EN CÁMARA DE SUB-IRRIGACIÓN**"

Autor(es)	:	**FERNANDEZ ANGULO, MARI CARMEN**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**Ing. Forestal**
Asesor(a)	:	**Dr. Limache Alonzo, Aparicio**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 12/07/2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección General de Producción Intelectual

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, MARI CARMEN FERNANDEZ ANGULO

Autor de la tesis titulada : "EFECTO DE AIB Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE Dipteryx Ferrea (DUCKE) DUCKE (SHIHUAHUACO) EN CÁMARA DE SUB - IRRIGACIÓN"

Sustentada el año 2023

Asesor(a): DR. APARICIO LIMACHE ALONZO

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 04 / 12 / 2023

Email: maricorreo2023@gmail.com Firma:

Teléfono: 904 215 527 DNI: 61006246

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, sabiduría y perseverancia que me permitieron haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por guiarme en cada paso que doy.

Así mismo, este trabajo fruto de mucho esfuerzo y constancia va dedicado a mi querida madre Rita Susana, por todo su amor, valentía y sacrificio que hizo para sacarnos adelante, principalmente por su apoyo incondicional para mi formación. A mis abuelitos Isabel Cremilda y Félix Octavio, porque me motivan cada día a superarme, a no rendirme y soñar en grande. Su presencia y persona han ayudado a forjar la persona que soy; gracias a su infinito amor y por creer en mí siempre.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a la Universidad Nacional de Ucayali, particularmente a los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales que contribuyeron a mi formación profesional.

Agradezco ampliamente a mi asesor; el Dr. Aparicio Limache Alonzo por su confianza, por animarme, orientarme y compartir sus conocimientos científicos, durante la revisión y culminación de este trabajo de investigación.

Del mismo modo, al Ing. Lenin Vladimir Vargas Villa, porque su orientación fue de gran ayuda para realizar el análisis de los resultados del experimento, sobre todo por su amistad y consejos brindados.

Mi sincero agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP-Ucayali), con la gerencia del Dr. Jorge Manuel Revilla Chávez por el apoyo y todas las facilidades proporcionadas para la ejecución de este trabajo de investigación. En forma especial a los Sres. Hugo Tapullima y Rony Ríos por su apoyo constante en la realización y culminación del experimento, por todos sus conocimientos y amistad brindada. A su vez al Ing. M. Sc. Wilson Guerra Arévalo por sus recomendaciones y disposición de tiempo para lograr instalar el experimento exitosamente y procesar los datos en InfoStat.

También un profundo agradecimiento a mis hermanas Mari Cruz y Fiorela, mi prima Thalia, mi amigo José y mi hermano Daniel por haberme apoyado y alentado en los momentos más difíciles.

Por último, a todas las personas que me apoyaron directa o indirectamente en el desarrollo del presente trabajo de tesis, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE DE CONTENIDO viii

ÍNDICE DE TABLAS xii

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

ÍNDICE DE ANEXOS xiv

RESUMEN xv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCIÓN xvii

CAPÍTULO I 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Descripción del Problema de Investigación 1

1.2. Formulación del Problema 2

1.2.1. Problema general 2

1.2.2. Problemas específicos 2

1.3. Objetivos de la Investigación 2

1.3.1. Objetivo general 2

1.3.2. Objetivos específicos 2

CAPÍTULO II 3

MARCO TEÓRICO 3

2.1. Antecedentes 3

2.1.1. Antecedentes Internacionales 3

2.1.2. Antecedentes nacionales 5

2.2. Base Teórica 9

2.2.1. Efecto del AIB en la propagación vegetativa de estacas 9

2.2.2. Sustratos para propagación de estacas 10
2.2.2.1. Cascarilla de arroz carbonizada 10
2.2.2.2. Fibra de coco 11
2.2.2.3. Gallinaza descompuesta 11
2.2.2.4. Jiffy 12
2.2.2.5. Aserrín descompuesto 13
2.2.3. Ambiente para el enraizamiento 13
2.2.3.1. Cámara de sub irrigación 13
2.2.3.2. Tubetes 14
2.2.3.3. Temperatura y humedad relativa del ambiente 15
2.2.3.4. Luminosidad 16
2.2.4. Etiquetado y manejo en la fase de enraizamiento 17
2.2.4.1. Etiquetado 17
2.2.4.2. Sombra 17
2.2.4.3. Riego 18
2.2.4.4. Estado fitosanitario 18
2.2.5. El shihuahuaco 18
2.2.6. Clasificación taxonómica de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke 19
2.2.7. Descripción botánica y distribución 20
2.2.8. Propagación vegetativa 21
2.2.8.1. Propagación vegetativa a través de estacas 21
2.2.8.2. Propagación por estacas de Shihuahuaco Dipteryx ferrea (Ducke) 23
2.3. Definición de Términos Básicos 24
CAPÍTULO III 26
METODOLOGÍA 26
3.1. Método de Investigación 26
3.1.1. Tipo y nivel de investigación 26
3.1.2. Diseño de investigación 26

3.2. Población y Muestra 26
3.2.1. Población 26
3.2.2. Muestra 27
3.3. Procedimientos de Recolección de Datos 27
3.3.1. Ubicación 27
3.3.2. Preparación de la cámara de sub irrigación 28
3.3.3. Adquisición y preparación de los sustratos 29
3.3.4. Análisis físico químico de los sustratos 32
3.3.5. Acondicionamiento de bandejas y tubetes para los sustratos 32
3.3.6. Preparación de las concentraciones de hormona AIB 33
3.3.7. Selección, extracción y transporte de material 34
3.3.8. Corte de las estaquillas 34
3.3.9. Aplicación de cupravit ® 35
3.3.10. Aplicación de la hormona AIB 35
3.3.11. Establecimiento de las estacas dentro del propagador 35
3.3.12. Cuidado durante el periodo de propagación dentro de la cámara 36
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 36
3.4.1. Técnicas 36
3.4.2. Instrumentos 37
3.5. Procesamiento Para la Recolección de Datos 37
3.5.1. Materiales, equipos e insumos requeridos 37
3.5.1.1. Estacas de Dipteryx ferrea (Ducke) 37
3.5.1.2. Sustrato 38
3.5.1.3. Equipos y materiales 38
3.5.1.4. Otros materiales 38
3.5.2. Evaluación del enraizamiento (%), número y longitud de raíces 39
3.5.3. Evaluación del número de brotes aéreos y callos 39
3.6. Tratamiento de datos 39

3.6.1. Diseño experimental 39

3.6.2. Aplicación de prueba estadística inferencial 42

CAPÍTULO IV 43

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43

4.1. Efecto del AIB y sustratos en el enraizamiento de estacas de shihuahuaco 43

4.1.1. Análisis de varianza 44

4.1.2. Efecto del AIB en el enraizamiento de Dipteryx ferrea 45

4.1.3. Efecto del sustrato en el enraizamiento de Dipteryx ferrea 48

4.1.4. Longitud y numero de raíces por estaca 51

4.2. Efecto del AIB y sustratos en la supervivencia de estaquillas (%) 55

4.3. Efecto del AIB y sustratos en el porcentaje de callos (%) 56

4.4. Efecto del AIB y sustratos en el porcentaje de brotes (%) 58

CAPÍTULO V 60

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60

5.1. Conclusiones 60

5.2. Recomendaciones 61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62

ANEXOS……...72

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Peso de los sustratos usados en el experimento 33

Tabla 2. Medidas para la preparación de ácido indol-3-butírico (AIB) 33

Tabla 3. Arreglo bifactorial del experimento (sustrato+ concentración de AIB) 40

Tabla 4. Descripción de los tratamientos de las muestras evaluadas 41

Tabla 5. Valores de enraizamiento de los sustratos y combinaciones de AIB 43

Tabla 6. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento 44

Tabla 7. Prueba de Tukey de los sustratos en el porcentaje de enraizamiento 45

Tabla 8. Porcentaje de enraizamiento con tres concentraciones de AIB 45

Tabla 9. Porcentaje de enraizamiento con cuatro tipos de sustratos 48

Tabla 10. Promedios de temperatura, humedad y luz dentro del propagador 50

Tabla 11. Longitud promedio de raíz en estacas de *Dipteryx ferrea* 51

Tabla 12. Longitud máxima de raíz 52

Tabla 13. Numero de raíces emitidas 53

Tabla 14. Numero de raíces/estaca 54

Tabla 15. Porcentajes de supervivencia en estacas de *Dipteryx ferrea* 55

Tabla 16. Porcentajes de callos en estacas de *Dipteryx ferrea* 57

Tabla 17. Análisis de varianza del porcentaje de callos 57

Tabla 18. Porcentajes de brotes en estacas de *Dipteryx ferrea* 58

Tabla 19. Análisis de varianza del porcentaje de brotes 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa del lugar donde se ejecutó el estudio 28

Figura 2. Cámara de sub irrigación 29

Figura 3. Horno quemador 30

Figura 4. Bidón de metal para desinfección y esterilización de sustratos 31

Figura 5. Distribución de las unidades experimentales 42

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Matriz de consistencia 73

Anexo 2. Tabla resumen por tratamientos y repeticiones 74

Anexo 3. Tabla resumen de promedios según tratamiento 75

Anexo 4. Formato de evaluación de estacas 76

Anexo 5. Formato de evaluación de datos meteorológicos 77

Anexo 6. Análisis químico de los sustratos 78

Anexo 7. Evidencias fotográficas 79

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue desarrollar la técnica apropiada para la propagación vegetativa de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke (shihuahuaco). Para obtener plantas en menor tiempo, de calidad y cantidad suficiente, ya que esta especie se ha visto afectada por el acceso limitado a los árboles semilleros y por lo cual se justifica este estudio. El ensayo se llevó a cabo en el vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), con sede en la región de Ucayali. Se utilizaron estacas juveniles de 5 a 7 cm de longitud, procedentes de brotes juveniles, a las cuales se les aplicó tres concentraciones de Ácido indol-3- butírico: 8000 ppm (testigo), 12000 ppm y 18000ppm, que fueron trasladadas a tubetes con cuatro tipos de sustratos: Jiffy (testigo), fibra de coco (FC), cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza (CAC+G), cascarilla de arroz carbonizada + compost de aserrín (CAC+A). Para posteriormente ser distribuidos en seis bandejas y llevados a una cámara de sub- irrigación. Los resultados del análisis de varianza para el enraizamiento de estaquillas indican que existen diferencias altamente significativas entre los resultados para los sustratos empleados en el ensayo; con los sustratos CAC+G Jiffy, FC, y CAC+A se alcanzaron 90.28%, 84.72%, 80.56%, 62.50% de enraizamiento respectivamente. Entre las dosis de AIB empleadas, se obtuvo el mejor resultado en 1800ppm con un 88% de estaquillas enraizadas, mientras que en 12000 y 8000ppm fue de 74% y 77%. En el tratamiento 9; de la combinación 18000ppm de AIB con el sustrato CAC+G se presentó un 95.80% de enraizamiento. Se pudo observar una tendencia, en la cual a medida que la dosis aumenta, el número de estaquillas enraizadas es mayor. Se puede concluir, que el AIB y sustratos ejercen un efecto positivo en la propagación de Dipteryx ferrea en ambientes como la cámara de sub irrigación y con el uso de tubetes.

Palabras clave: AIB, cámaras de sub irrigación, dipteryx, enraizamiento, estacas, sustrato.

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop the appropriate technique for vegetative propagation of Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke (shihuahuaco). In order to obtain plants in less time, of sufficient quality and quantity, since this species has been affected by the limited access to seed trees and therefore this study is justified. The trial was carried out in the forest nursery of the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP), based in the Ucayali region. Juvenile cuttings of 5 to 7 cm in length were used, coming from juvenile shoots, to which three concentrations of indole-3-butyric acid were applied: 8000 ppm (control), 12000 ppm and 18000ppm, which were transferred to tubetes with four types of substrates: Jiffy (control), coconut fiber (FC), carbonized rice husk + chicken manure (CAC+G), carbonized rice husk + sawdust compost (CAC+A). They were then distributed in six trays and taken to a sub-irrigation chamber. The results of the analysis of variance for rooting of cuttings indicate that there are highly significant differences between the results for the substrates used in the trial; with the substrates CAC+G Jiffy, FC, and CAC+A, 90.28%, 84.72%, 80.56%, and 62.50% rooting was achieved, respectively. Among the doses of AIB used, the best result was obtained at 1800ppm with 88% of rooted cuttings, while at 12000 and 8000ppm it was 74% and 77%. In treatment 9, the combination of 18000ppm of AIB with the CAC+G substrate showed 95.80% rooting. A trend was observed in which the higher the dose, the greater the number of rooted cuttings. It can be concluded that the AIB and substrates exert a positive effect on the propagation of Dipteryx ferrea in environments such as the sub-irrigation chamber and with the use of tubers.

Keywords: AIB, sub-irrigation chambers, Dipteryx, rooting, cuttings, substrate.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años diversas especies forestales se han visto afectadas por la deforestación y las limitaciones existentes del sector forestal en el país en cuanto a la producción de plantones de especies forestales, es el caso del shihuahuaco *Dipteryx ferrea*, especie valorada por sus diversas características, que a causa de la alta demanda ha disminuido su población significativamente y existe una escasa producción de semillas botánicas de esta especie.

Por ello, la investigación se refiere al tema propagación por estacas como una de las soluciones más convenientes ante esta problemática, porque esta técnica ayuda a obtener nuevas plantas con características óptimas. Es económica, rápida, simple, no requiere de técnicas especiales, no demanda alta inversión económica y evita la dependencia de semillas botánicas, Diaz (2011). Además de ser el principal método de propagación, que permite multiplicar y obtener en un tiempo relativamente corto, plantas homogéneas y de buena calidad comercial; Sisaro (2016), aunque la eficiencia dependerá de la especie a propagar, que se puede ver afectada por diversos factores.

Es necesario mencionar que existe escases de estudios sobre la propagación vegetativa mediante estacas de la especie *Dipteryx ferrea*, de tal forma que la investigación se realizó por el interés principal de determinar el efecto de factores como el AIB y sustratos, dentro del ambiente adecuado, para contribuir a mejorar los procedimientos que se aplicaran en un futuro para la propagación vegetativa de esta especie.

Por otra parte, en el marco de los antecedentes relacionados a la investigación, establecer los indicadores adecuados de las dosis de AIB y profundizar sobre los sustratos adecuados para la propagación vegetativa dentro de una cámara de sub irrigación como ambiente son fundamentales. El ácido indol 3- butírico (AIB) es una auxina sintética, que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra, (Salcedo, 2009). Además, el uso de AIB en la propagación en contenedores ha demostrado ser eficaz, especialmente a concentraciones mayores, (Hartmann y Kester, 2011).

En relación al sustrato, este es necesario para la propagación vegetativa y se requiere de un sustrato particular según la especie. Asimismo, es el encargado de brindar el soporte físico para el crecimiento y desarrollo de la planta, Ruano (2003). Cabe destacar que, si se busca que el AIB y sustrato brinden resultados positivos, el ambiente adecuado es fundamental; dado que la propagación vegetativa debe establecerse en las condiciones necesarias según lo requerido por las estacas.

En este contexto, se realizó el trabajo de investigación, que busca contribuir a una mejor investigación sobre la base científica para que exista una mayor producción, así como la preservación de esta especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke en la actualidad. Esto conllevo a ejecutar un ensayo que permitió cumplir con los objetivos propuestos, con una metodología de tipo aplicativa, enfoque cuantitativo y nivel experimental.

Este se realizó en las instalaciones del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), filial Ucayali. Se utilizaron estacas de pantas juveniles de esta especie con 5 meses de edad, cuatro tipos de sustratos: 1) Jiffy (testigo), 2) Fibra de coco, 3) Cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza descompuesta (1:1) y 4) Cascarilla de arroz carbonizada + compost de aserrín (1:1) y tres dosificaciones de AIB: 8000ppm, 12000ppm y 18000ppm. Los datos se recolectaron mediante formularios de evaluación realizados a 288 unidades experimentales distribuidas en doce tratamientos con arreglo factorial (4AX3B) adaptados a un DCA.

El objetivo general que oriento la presente investigación fue: Determinar el efecto de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación; y los objetivos específicos fueron: determinar el efecto de AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación y determinar el efecto del sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema de Investigación

En la actualidad, la obtención de plantas de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) se ve afectada por el acceso limitado a los árboles semilleros. Es evidente que se debe hacer frente a esta problemática, por lo que es necesario realizar la propagación asexual o vegetativa, ya que, con ella, se podría limitar la dependencia de las semillas botánicas.

Este es un método altamente eficiente, en donde se puede obtener plantas con buen rendimiento proporcional, garantizando la estabilidad de los caracteres fenológicos y genéticos de la especie y la producción de manera constante y permanente, obteniendo plantones de calidad y en cantidad necesaria.

Sin embargo, cuando se proyecta producir plantones mediante este método se presenta como problema principal el desconocimiento de la dosis y sustrato adecuado que se debe usar, además no existen estudios sobre la producción de estacas de esta especie, su proceso y técnicas adecuadas.

En virtud de lo expuesto fue necesario determinar el efecto de las concentraciones de ácido Indol-3- butírico (AIB) y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación para obtener material vegetativo de calidad, mejorando de esta manera la producción de esta especie en un futuro y contribuir a generar conocimientos de los efectos del AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.

En este estudio se estableció el siguiente problema de investigación:

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto del AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto del AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación?

- ¿Cuál es el efecto del sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación

- Determinar el efecto del sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En relación a los estudios publicados sobre propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, se puede afirmar que en la actualidad no hay registro de estos Flores (2020), sin embargo, se mencionan investigaciones del género Dipteryx, la misma familia y entre otras especies que sirven como antecedentes a la investigación.

En la propagación del ceibo *Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae) por proceso de esqueje, Gratieri et al. (2008) probaron en cuatro experimentos la dosis del (AIB) en diferentes tipos de esquejes y sustratos. Los resultados indicaron que los mini esquejes herbáceos fueron los más adecuados (75% a 100% de enraizamiento), y el uso de AIB redujo la mortalidad, al favorecer el proceso de enraizamiento.

Argueta (2008), sostiene que el uso de reguladores de crecimiento y en especial el AIB para enraizamiento en plantas, viene a dar soluciones importantes. Según los resultados obtenidos en su estudio, entre las concentraciones de AIB probadas (10000 a 20000ppm) no hubo diferencias significativas, sin embargo, la concentración de 18000 ppm aparentemente se perfila como la de mejor resultado desde el punto de vista comercial.

Rollo (2009), investigó la capacidad de enraizamiento en estaquillas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Will tratadas con leche de coco, obteniendo 15 por ciento de enraizamiento en condiciones de cama de almacigo y 6,6 por ciento de enraizamiento en propagadores de subirrigación con estaquillas de posiciones basales.

En el estudio sobre la variabilidad genética de caracteres relacionados con el enraizamiento de esquejes de progenies y clones de Guanandi (Calophyllum brasiliense), diferentes tipos de esquejes fueron sometidos a dosis crecientes de AIB (0 - 10000 ppm), acomodados en tubetes con sustrato comercial, los resultados indicaron que con las concentraciones entre 1000 y 5000 ppm de AIB presentaron mejor enraizamiento (90%), Ciriello (2010).

Vallejos et al. (2014), señalan que en el enraizamiento de brotes de capirona, el sustrato pelllets-jiffy mostró buenos resultados en el enraizamiento (99%) con la combinación de 3000 ppm de AIB y concluyeron que es posible propagar esta especie si se aplica la dosis adecuada de AIB en estaquillas con 2 hojas.

Millán & Márquez (2014), en su investigación estudiaron el comportamiento del *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens* bajo el efecto los enraizantes ANA (0,40%), agua de coco, penca de sábila e hipoclorito. Donde las dos especies estudiadas tuvieron una respuesta negativa ante la propagación vegetativa, tanto en las eras de crecimiento como en los propagadores de sub-irrigación.

Santos et al. (2016), evaluaron el efecto de diferentes tipos de estacas (apical, media y basal) y sustratos (arena + humus, arcilla + humus y arena + arcilla + humus) en la propagación vegetativa de *Lippia gracilis* Schauer, después de 40 días de evaluación, los sustratos no presentaron significancia mientras que el mayor porcentaje de enraizamiento (32.83%), mayor longitud de raíz (26.03 cm) y número de brotes (12.85 brotes) se observó con estacas de tipo basal.

En la propagación vegetativa de la especie *Trillium govanianum* Wall utilizando esquejes de tres secciones: basal, media y distal, Chauhan et al. (2020), comprobaron que las secciones apicales tenían mayor capacidad de desarrollar raíces y brotes, además estas presentaron alta supervivencia (90,4%) y la longitud máxima de la raíz (4,4 cm) a comparación de las otras secciones, que no mostraron ningún crecimiento.

2.1.2. Antecedentes nacionales

A nivel nacional, en la propagación vegetativa de Caoba mediante enraizamiento de estaquillas juveniles de cámaras de sub irrigación, Vásquez (2011), señala que con la dosis de 3000ppm observo los valores más altos de enraizamiento (19,5%), mientras que con 1000ppm observaron (69%) de callosidad, (49%) brotación y (88%) de sobrevivencia. En cuanto a sustratos, usando arena gruesa obtuvo un 95% de sobrevivencia y callosidad de 69%, con arena fina observaron 20% de enraizamiento y 49% de brotación.

Mediante la tesis de selección masal y el efecto de dos concentraciones de auxinas para el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn (cedro rosado de la India) en cámara de sub – irrigación Cordova (2011), determinó que el tratamiento sin aplicación de AIB y ANA (testigo) presento mejor resultado logrando hasta un 25% de enraizamiento.

En el ensayo realizado por Mermao (2012), determino la Influencia de diferentes concentraciones de AIB y sustratos en el enraizamiento de estacas juveniles de *Myroxylon balsamun* Harms. estoraque en propagadores de sub – irrigación, usó cinco concentraciones de AIB, en dos sustratos (arena de rio y fibra de coco) y de acuerdo a los resultados, señalo que se puede propagar vegetativamente esta especie, aplicando 4000 ppm de AIB en sustratos arena de rio.

Cuando observo la Influencia del morfotipo, fitohormona y sustrato en la propagación de estacas juveniles de *Cedrela Odorata*, Murrieta (2012) sostuvo que la dosis de 3000 ppm de AIB con arena gruesa presento resultados satisfactorios, obteniendo un 89.0% de enraizamiento en el primer ensayo, hasta pasar del 90% en el segundo, estas produjeron una influencia positiva en su propagación vegetativa, lo que le hace una técnica recomendable.

Para conocer el efecto de 3 concentraciones de AIB y dos tipos de sustratos en la propagación vegetativa de bolaina negra en cámara de sub irrigación, Medina et al. (2012) utilizaron estaquillas semi-lignificadas procedentes de brotes juveniles. Donde el enraizamiento de estaquillas tuvo un mejor éxito a bajas concentraciones y obtuvo un mayor porcentaje de mortandad a concentraciones mayores de AIB, a excepción del tratamiento (cascarilla + 5000 ppm).

Para observar el efecto de dos tipos de sustrato y cuatro dosis de ácido indol butírico en el enraizamiento de estacas juveniles de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) en propagadores de sub-irrigación Tang (2014), realizó un estudio donde sostiene que el mayor porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia se obtuvo en aserrín sin ninguna dosis de AIB (70.8%) y en arena con 6000 ppm de AIB (66.7%).

Cuando evaluaron el efecto de los ácidos indol butírico y naftaleno acético en el enraizamiento de estacas semi leñosas de *Cordia trichotoma* (Vell.), Fragenello et al. (2015) encontraron incrementos lineales en el número de raíces mayores a 2 mm. Y el uso de 8.000 mg L-1 u 8000ppm de AIB resultó en un incremento de 0.71 a 3.9 raíces por estaca.

En el enraizamiento de esquejes de copaiba (Copaifera officinalis) mediante el uso del ácido indul-3-butírico, Inga et al. (2015), utilizaron esquejes de brotes juveniles semi-lignificadas con 3 cm de longitud, que fueron colocadas en un propagador de sub-irrigación. El sustrato cascarilla de arroz carbonizada, presento buena aireación y humedad adecuada para el enraizamiento y brotes caulinares bajo condiciones controladas. Observaron el mejor resultado con 7000ppm de AIB con 74% de enraizamiento.

Abanto et al. (2015), evaluaron el efecto del ácido indol butírico y tipo de estacas en el enraizamiento de copoazú en cámaras de sub irrigación, evaluaron su experimento después de 90 días, y con base a los resultados señalan que las estacas

apicales en combinación con la dosis 9000 ppm de AIB afecta de manera altamente significativa en el proceso de enraizamiento de *Theobroma grandiflorum*.

En su estudio sobre sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Capirona, Abanto et al. (2016) evaluaron la influencia del compuesto orgánico mediante 5 tratamientos en un (DCA), donde los resultados arrojaron que los sustratos [Tierra aluvial + cascarilla de arroz + gallinaza] y [Tierra Agrícola+ cascarilla de arroz + gallinaza], proporcionaron mayor eficiencia en el crecimiento y mejor calidad de plantas de la especie.

Cornejo (2018), realizó la propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali. Los sustratos fueron colocados en bandejas de plástico para vivero, siendo la profundidad de los hoyos para la colocación de las estaquillas de 2 cm, en estaquillas de Shihuahuaco *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. con la concentración de 6000 ppm de AIB, obtuvo mayor brotación y mayor longitud de brote.

Para determinar el efecto de diferentes concentraciones de AIB en el enraizamiento de estaquillas de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco) en cámara de sub irrigación, Villegas et al. (2018) instalaron estaquillas con una longitud de 7 -10 cm y 0.5 cm de diámetro, 60 días después de instalado mediante un DBCA observaron los mayores promedios a concentraciones de 2000,3000 y 4000 ppm de AIB para el número y longitud de raíces.

Para conocer el efecto de diferentes concentraciones de AIB en el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Dipteryx odorata* en cámara de sub irrigación, Ayllón (2018) utilizó estaquillas juveniles en un solo tipo de sustrato, con tres soluciones hormonales de AIB y un testigo y concluyó que es posible propagar la especie shihuahuaco, empleando estaquillas de rebrotes juveniles de la sección media, en arena gruesa y con 3000 ppm de AIB,

En la evaluación del efecto del (AIB) en la producción de clones a partir de estacas juveniles de las especies *Simarouba amara* y *Croton matourensis*, se observó que con las dosis más altas de AIB (12000ppm) un 41.7% de enraizamiento en las estacas de tipo apical en marupa y 12.5% en aucatadijo. Estos resultados muestran que a mayor concentración de AIB, mayor porcentaje de enraizamiento, brotación, número y longitud de raíz, Dahua (2018).

Zavaleta (2019), evaluó el efecto de la aplicación exógena del (AIB), medios de enraizamiento, posición de la estaquilla en el brote y área foliar en la propagación vegetativa por estaquillas de *Dipteryx odorata*, el autor realizo dos ensayos consecutivos usando propagadores de sub-irrigación. Las estaquillas alcanzaron un enraizamiento aceptable de 73,3%, con el uso de estaquillas de posición apical, 3000 mm2 de área foliar, 3000 mgL-1 de AIB y arena fina.

En la tesis sobre efectos del sustrato no convencional y tubete en la biometría de plantones de *Dipteryx sp* (shihuahuaco), Rioja (2022) obtuvo un mayor promedio en longitud de raíces (109,43mm) utilizando la mezcla (CAC 50% - TURBA 25% - FC 25%); además afirma que el tamaño de tubetes de 115 cc tiene influencia en el desarrollo radicular de *Dipteryx sp* (Shihuahuaco).

Cercado (2022), determino el efecto de diferentes sustratos y recipientes en la emergencia y crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum*, sus resultados arrojaron que el sustrato a base de cascarilla de arroz carbonizado + gallinaza + aserrín descompuesto (1:1:1), generó mayor porcentaje de emergencia (62,3%), así mismo el uso de recipiente tipo bolsa y el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza (1:1) mostró valores morfológicos de calidad más altos.

En su evaluación sobre la influencia de sustratos, dosis de ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plantones de Copaiba en túneles de sub irrigación Manihuari (2022), obtuvo mayor porcentaje promedio de

enraizamiento (39.6%) con la aplicación de 8000ppm y con 10000 ppm mayor número de brotes. Mientras que se presentó mayor promedio en longitud (5.50mm) y numero de raíces (17) con 6000ppm, sin embargo; concluyó que no existe un efecto significativo de los sustratos y dosis de AIB probados.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Efecto del AIB en la propagación vegetativa de estacas

En el libro "Propagación de plantas - principios y prácticas" de Hartmann y Kester (2011), se menciona que el uso de AIB en la propagación de especies forestales puede mejorar el enraizamiento de los esquejes.

La concentración óptima de auxina varía con la clase utilizada, la especie a propagar, el tipo de material vegetativo, el método de aplicación, el sistema de propagación, etc. Esto se determinará para cada caso en particular mediante una simple prueba preliminar, Mesén (1998).

Salcedo (2009), menciona que el AIB es una auxina sintética, que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra. Tiene las ventajas de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no se degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto.

El uso de AIB en la propagación de plantas forestales en contenedores ha demostrado ser eficaz, especialmente a concentraciones mayores, donde se ha observado un incremento en la formación de raíces y un mayor éxito en la supervivencia de las plántulas, Hartmann y Kester (2011).

Vallejos et al. (2014), recomiendan que la dosis hormonal se debe preparar a partir del (AIB) químicamente puro diluido en alcohol al 96%, una vez preparada la hormona se debe sumergir 2 cm de la base de la estaca mediante el método de inmersión rápida para la obtención de mejores resultados de enraizamiento.

2.2.2. Sustratos para propagación de estacas

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor o similar, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte o anclaje, (Ansorena, 2016).

Ruano (2003), afirma que el sustrato, da soporte físico para el crecimiento y desarrollo de la planta, el sustrato puede ser orgánico e inorgánico. (Valverde, 2005) por su parte afirma que el enraizamiento de estacas requiere un sustrato especial, por lo que es necesario que las estacas que vienen del tocón deben tener un largo aproximado de 20 cm y las hojas deben ser eliminadas completamente, excepto las últimas dos, que se recortan hasta aproximadamente a 1/3.

Así mismo, un buen sustrato puede reconocerse por sus propiedades físicas, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua y se miden a través de técnicas de laboratorio utilizadas a nivel internacional y específicos para sustratos, (Caballero y Toral, 2010).

2.2.2.1. Cascarilla de arroz carbonizada

Calderón (2002), manifiesta que la cascarilla de arroz es el sustrato más empleado. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas.

Por lo que, para mejorar la retención de humedad de la cascarilla, se debe quemar parcialmente a la misma.

Basaure (2008), señala que entre sus principales propiedades fisicoquímicas se destaca que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición (difícil degradación), es liviano (baja densidad), de alto volumen, de buen drenaje, buena aireación. La cascarilla de arroz es incorporada con facilidad en un medio para mejorar el drenaje.

Es de peso ligero, uniforme en grado y calidad, más resistente a la descomposición y no introduce plagas. Este es además un material completamente esterilizado por haber sido sometido a altas temperaturas durante proceso de carbonizado (Saboya, 2010).

2.2.2.2. Fibra de coco

Muñoz (2007), la fibra de coco como sustrato permite una alta germinación, enraizamiento y óptimo desarrollo de las plántulas, posee elevada capacidad de aireación y retención de agua, baja densidad aparente, pH entre 5 y 6 y estructura física altamente estable. Además, permite disminuir los costos de transporte y almacenamiento porque se comercializa en paquetes.

2.2.2.3. Gallinaza descompuesta

La gallinaza descompuesta o compost de gallinaza es un fertilizante orgánico, de rápida acción y excelente calidad, ya que contiene los mismos nutrientes indispensables para los cultivos que los demás estiércoles, pero en mayor cantidad (Hernández y Cruz, 1993), se compone de eyecciones de las aves de corral y del material usado como cama, que por lo general es la cascarilla de arroz mezclada con cal en pequeña proporción, la cual se coloca en el piso.

Se conoce como gallinaza al excremento de ave de corral sola o en composición con cascarilla de arroz y cal, materias vertidas al piso de los gallineros. Este es uno de los fertilizantes más completos y que mejores nutrientes puede aportar al suelo. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio y carbono en importantes cantidades, (Murillo, 1996).

Asimismo, es un sustrato usado comúnmente en viveros forestales, gracias a diversas experiencias en donde ha demostrado su efectividad para la para la producción de plantas forestales.

Quiñones (2017), señala que la gallinaza utilizada como abono orgánico, luego de secada (curado), se convierte en un producto sólido que cuenta con un considerable valor como fertilizante.

2.2.2.4. Jiffy

Badilla y Murillo (2005), señalan que el uso de pellets Jiffy durante la propagación vegetativa en micro túneles permite utilizar el mismo sustrato para el enraizamiento y la aclimatación, evitando el estrés de las estacas enraizadas y reduciendo los costos de propagación.

Los jiffy pellets son pastillas de turba prensada que al entrar en contacto con agua se expanden, son fabricadas con sustratos de primera calidad contenidos en una malla biodegradable, tienen una estabilidad y porosidad que permiten mantener un buen nivel de humedad, además su uso hace el proceso del trasplante mucho más sencillo ya que las raíces no se dañan, (Muñoz, 2007).

Azofeifa et al. (2009), precisa que los sustratos Jiffys® presentan consideraciones prácticas sobre otros sustratos que lo hacen favorable para el cultivo de casi todas las especies vegetales, por ejemplo, ayudan en la prevención de malezas y enfermedades en las raíces, estimulan el desarrollo radicular en la etapa de vivero,

debido a que presentan largas estructuras celulares que les permiten absorber agua y aire como una esponja, su descomposición es lenta y no se infectan por virus ni hongos.

Las pastillas de jiffy se suministran en discos secos ligeros y muy comprimidos, están hechas ya sea con 100% de turba, con una mezcla de turba y sustrato de coco certificado o con un sustrato 100% de coco. La mayoría tienen el medio expuesto a un secado rápido a alta temperatura para crear un sustrato estéril (Jiffy Group, 2021).

Resulta muy fácil trabajar con ellas, su envío es económico y se trasplantan bien, tanto en recipientes más grandes como directamente en el suelo. Además, puede lograr de manera constante mayores y más elevados niveles de germinación.

2.2.2.5. Aserrín descompuesto

Es un sustrato orgánico que se forma a través de la descomposición del aserrín durante un amplio periodo, este sustrato es conocido por su amplia capacidad de retención de agua, es económico, permite un trasplante fácil y mejor desarrollo de raíces.

El aserrín es un sustrato que conserva muy bien la humedad en los almácigos, (Ansorena, 2016), por que retiene el agua y esto favorece al crecimiento y desarrollo de las plantas después de la germinación.

2.2.3. Ambiente para el enraizamiento

2.2.3.1. Cámara de sub irrigación

El sistema de propagación debe mantener la atmósfera con baja demanda de evaporación, proporcionando rangos de temperatura adecuada y permitiendo el ingreso apropiado de luz, (Hartmann y Kester, 2011).

Además, es importante conservar en el microambiente los niveles óptimos de irradiación, temperaturas adecuadas en el aire, el sustrato y las hojas y buen balance de agua en las estacas (Loach, 1988).

La cámara de sub irrigación según (Leakey et al., 1990), consiste básicamente en un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable, con una tapa que ajuste bien para mantener alta la humedad interna.

Es el ambiente ideal para mantener niveles óptimos de irradiación, temperaturas adecuadas en el aire y en el sustrato dando un buen balance de agua en las estacas.

Según Murillo et al. (2013), para lograr una adecuada propagación vegetativa de las colecciones genéticas es necesario establecer las condiciones del ambiente con tres factores principales requeridos: a) una reducción en la actividad fotosintética (sombra de sarán por lo general), b) una humedad relativa alta (>80-90%) que evite en todo momento el estrés hídrico, y c) una temperatura ambiente entre 30 y 35°C (con la instalación de un túnel de plástico transparente debajo del sarán).

2.2.3.2. Tubetes

La aplicación de la tecnología de los tubetes, permite producir más plantas en una menor área de vivero, a diferencia de las bolsas de polietileno, el costo es mucho mayor, pero se justifica debido a que los envases pueden ser utilizados hasta por 10 años y por el tamaño permite ahorro en el consumo de sustrato, actualmente los tubetes se diseñan con estrías pronunciadas orientadas verticalmente en la parte interna del envase, esto con el fin de evitar el crecimiento espiralado de la raíz, (Rioja, 2022).

Los tubetes permiten el desarrollo de las plantas enraizadas hasta que tengan el tamaño ideal para el trasplante o siembra directa, de esta forma se evita producir estrés y dañar el sistema radicular de las plantas.

Además, con base a diversas experiencias en vivero este método impide la perdida de sustrato, aproximadamente (10%) al momento de realizar el trasplante de cámara de sub irrigación a bolsa.

2.2.3.3. Temperatura y humedad relativa del ambiente

Las condiciones ambientales están relacionadas con el desarrollo de las plantas, tanto la temperatura y humedad incide sobre el enraizamiento de las estacas en ambientes de propagación como la cámara de sub irrigación.

Leakey y Mesén (1991), recomiendan diversos rangos de temperatura y humedad relativa, los cuales señalan que, para especies tropicales, la temperatura óptima del aire para favorecer el enraizamiento es de 20 - 25°C, aunque temperaturas mayores de 30°C son aceptables, siempre y cuando se mantenga una humedad relativa muy alta (> 95%).

Muchas especies logran mayores porcentajes de enraizamiento en menor tiempo, cuando la temperatura del sustrato se mantiene entre 25 y 28 ºC en los primeros 15 a 20 días, (Botti, 1999) para luego disminuirla a entre 18 y 20 ºC, pudiendo esta condición ser indiscutible en el proceso de enraizamiento para algunas especies forestales.

La pérdida de agua es una de las principales causas de muerte de estacas antes de la formación de raíces, eso se ve agravado cuando se trata de especies que exigen largo tiempo para formar raíces, por ello la mayoría de los sistemas de propagación tienden a mantener un alto grado de humedad gracias al uso de coberturas de polietileno que influye en el estado hídrico de las estacas, (Torres, 2003).

Henríquez (2004), sugiere que la temperatura debe mantenerse entre 27 - 29 °C y no exceder los 30°C, y la humedad relativa entre 60 - 80% (aproximadamente) para evitar la deshidratación del material vegetativo, especialmente en el caso de estacas verdes o herbáceas.

La utilización de sombra para reducir la irradiación y, en consecuencia, las temperaturas aéreas y del sustrato dentro de los propagadores, así como para mantener la HR interna tan alta como sea posible, son necesarias, (Ruiz y Mesén, 2010), esto se logra con temperaturas bajas que ayudan a evitar el estrés hídrico al mantener la HR alta.

Sin embargo, (Gárate, 2010), afirma que a medida que la temperatura T° se incrementa (dentro de los límites), las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor. Por su parte, (Morales, 2016), señala que para obtener un buen enraizamiento es preciso mantener el ambiente húmedo para conservar la turgencia de las células del tejido de los esquejes.

2.2.3.4. Luminosidad

Gárate (2010), precisa que el manejo de la iluminación es muy importante y su influencia es necesaria durante todas las fases del proceso del arraigue de las estacas, tanto sobre la planta madre, los propagadores durante el enraizado y el área de aclimatación, además este es un factor que está muy ligado a los requerimientos propios de la especie, algunas de ellas requieren estar al aire libre, es decir, a plena luz, para producir buen enraizamiento.

La cantidad de luz, debe ser adecuada para la sobrevivencia de las estaquillas y la iniciación radicular sin comprometer el vigor vegetativo de las estaquillas, las cuales son variables según las especies, (Torres, 2003).

En el enraizamiento de estacas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces, los efectos pueden deberse a la intensidad (radiancia), al fotoperiodo (longitud del día) y a la calidad de luz, (Hartmann y Kester, 2011).

2.2.4. Etiquetado y manejo en la fase de enraizamiento

2.2.4.1. Etiquetado

Al igual que con cualquier otro experimento el etiquetado es importante para que se identifique claramente los tratamientos y se mantenga varias copias del mapa del diseño, (Mesen, 2008). Las etiquetas suelen ser de material plastificado y de diferentes colores para permitir la escritura de las claves o tratamientos.

2.2.4.2. Sombra

Para la propagación vegetativa mediante estaquillas, es recomendable el establecimiento de condiciones de sombra de un 85- 95% para estimular la formación de las raíces, (Palencia, 2000).

Los requerimientos de sombra durante el proceso de enraizamiento se fundamentan en la necesidad de lograr una tasa adecuada de fotosíntesis en las estacas (Mesen, 2008), porque la irradiación excesiva provoca el cierre de los estomas, la reducción en el intercambio gaseoso, pérdida de turgencia y la muerte de las estacas.

Además, los niveles excesivos de radiación solar favorecen la concentración de carbohidratos, foto-destrucción de las auxinas, cambios en las relaciones de agua y la concentración de sustancias promotoras o inhibidoras del crecimiento, (Gutierrez, 2003).

2.2.4.3. Riego

No es posible dar una recomendación única sobre la frecuencia del riego, esta deberá establecerse de acuerdo a la experiencia, y dependerá del sistema de propagación utilizada, el sustrato, la especie y las condiciones climáticas (Mesen, 2008).

Sin embargo, si es recomendable que siempre que se abra la tapa del propagador (para inspecciones) y evitar que la HR interna disminuya drásticamente. Antes de cerrar la tapa nuevamente, se recomienda un riego fino con un aspersor manual y en época calurosa también es aconsejable asperjar las hojas 1 o 2 veces al día.

2.2.4.4. Estado fitosanitario

Cada vez que se retiran estacas enraizadas de una cámara de sub irrigación, se debe limpiar el área utilizada con agua y jabón, (Hartmann y Kester, 2011), luego limpiar con alcohol todas las paredes internas con el fin de eliminar posibles patógenos, pues se necesita todas las medidas posibles de desinfección y prevención.

Si se han utilizado bandejas plásticas, también se debe lavar con agua y jabón después de trasplantado el material y desinfectarse con alcohol, así mismo, debe llevarse a cabo una aplicación de un fungicida/bactericida dentro de la cámara con fines de prevención de problemas fitosanitarios, (Hartmann y Kester, 2011).

2.2.5. El shihuahuaco

Es una especie de árbol que se encuentra distribuido principalmente en Ucayali, Madre de Dios, Loreto y Huánuco, (Honorio et al., 2018), crece en zonas altas y en áreas no inundables cerca de los ríos. Esta especie es valorada por su madera y corteza, usada generalmente para la fabricación de muebles, pisos y como medicina

tradicional. Además, es una especie de lento crecimiento y puede tardar muchos años en alcanzar la madurez, lo que aumenta su vulnerabilidad.

Debido a la alta demanda, el Shihuahuaco ha sufrido una fuerte presión de explotación. Recientemente, *Dipteryx ferrea* se clasificó como especie «en peligro crítico» en el Perú, sobre la base de los descensos de población pasados y previstos como consecuencia de la explotación forestal, (Romo et al., 2022).

2.2.6. Clasificación taxonómica de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke

El género Dipteryx, contiene varias especies de árboles grandes como el shihuahuaco. Tropicos,Org, realiza la descripción taxonómica de la especie según (Ducke W. A., 1940):

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht

Superorden: Rosanae Takht

Orden: Fabales Bromhead

Familia: Fabaceae Lindl

Género: Dipteryx Schreb

Especie: *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke

Autor: Walter Adolpho Ducke

Sinónimos: Coumarouna ferrea Ducke

Nombre común en Perú: shihuahuaco

Nombre en otros países: cumaru, cumarúferro (portugués, Brasil).

2.2.7. Descripción botánica y distribución

Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke, es un árbol grande de hasta 50 m de altura y 1.8 m de diámetro. Su fuste puede variar desde tortuoso a cilíndrico, con desprendimiento de pequeñas placas y lenticelas dispersas de color amarillo-ferruginoso. La base del tronco tiene aletas grandes, cóncavas y ramificadas; de ramificación irregular y copa grande, (Honorio et al., 2018).

Obermüller et al. (2011), afirman que posee foliolos sub opuestos, oblongos, asimétricos, con margen entero a ondulado, de ápice acuminado con ángulo agudo de base asimétrica con un lado redondeado y el otro cuneado; cuenta con puntuaciones al trasluz, un solo color en ambas caras de 11.6 cm (6.3 – 22.4 cm) de largo y 5.4 cm (3.4 - 8.0 cm) de ancho. Además, las venas secundarias sobresalen, con intersecundarias y terciarias visibles; generalmente con 8 foliolos, raras veces puede llegar a 9 foliolos, (Aldana et al., 2016).

Las flores están dispuestas en panículas terminales con el eje de inflorescencia pulverulenta aromática con olor a rosas; las alas del cáliz membranáceo son rosados y casi glabros, con glándulas convexas transparente (Ducke, 1934), afuera con pelos escasamente estrellados en el margen, de 6 a 15 mm, pétalos de color rosado a fucsia, estandarte con el centro amarillo rodeado por un arco de tonalidad lila a fucsia.

Los frutos son drupas ovoides y oblongas, de pericarpo carnoso, internamente leñoso. Las semillas son alargadas y sin olor, cumarina de 40 a 50 mm de largo, 15 a 20 mm de ancho y alto. Presenta una corteza externa de color interior amarillento, con puntuaciones anaranjadas, casi formando anillos, con resina incolora escasa y poco pegajosa, algunas pueden ser de color rojo; sus hojas alternas están compuestas en espiral y raquis alado con yema axilar, (Honorio et al., 2018).

2.2.8. Propagación vegetativa

La propagación clonal o vegetativa de plantas es una producción a partir de partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conservan la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presentes en diversos órganos. Este tipo de propagación tiene esencialmente tres variantes, (Vázquez, 1997).

Osuna et al. (2016), sostiene que la propagación vegetativa explota esta habilidad natural a través de la separación de partes vegetativas. Las plantas se consideran organismos modulares, cada módulo es un brote con crecimiento determinado integrado por un entrenudo, un nudo, una hoja y una yema axilar que dará origen a ramas u hojas en la etapa vegetativa y a flores y frutos en la etapa reproductiva.

Salcedo (2009), indica que la reproducción vegetativa (asexual), es la capacidad que tienen algunos órganos vegetales de una planta para formar un individuo completo desde el punto vista morfológico y funcional. Los métodos se clasifican en cuatro grandes grupos: Por división, acodos, injertos y esquejes o estacas.

2.2.8.1. Propagación vegetativa a través de estacas

Existen varios métodos de propagación vegetativa en especies forestales, siendo los más comunes los injertos, acodos, estacas, (Zobel y Talbert,1988), de las técnicas mencionadas el enraizamiento de mini estacas es más relevante.

Las ventajas de este método son la conservación de las características genéticas de las plantas “madre” (ortet) y la obtención de muchas plantas “hijas” (ramets) en poco espacio y tiempo, (Hartmann y Kester, 2011).

Calzada (1993), define que la propagación vegetativa por estaca es el sistema de propagación más antiguo, es poco costoso, fácil de realizar, no requiere de habilidad especial de parte del operador y necesita poco espacio. Además, menciona que casi todos los frutales nativos tropicales y subtropicales se pueden propagar por estacas. Esto es corroborado por (Longman, 1993) quién afirma que más del 80 % de árboles tropicales forestales pueden ser enraizados con estacas de madera suave bajo sistemas de nebulización y con sistemas de baja tecnología como los poli propagadores.

La utilización de técnicas de propagación a través de estacas es viable para la multiplicación de especies arbóreas amazónicas como lo manifiestan (Longman, 1993) y (Calzada, 1993), sin embargo, falta aún mucha investigación que nos lleve hacia la especificación de protocolos para la multiplicación con fines de plantaciones a gran escala.

Deere (2018), enfatiza que mediante este método se mantienen y propagan características deseables (alta productividad, mayor calidad, tolerancia a insectos, resistencia a enfermedades, tolerancia a estrés hídrico, etc.). Al ser individuos clonados (idénticos) su uniformidad es una ventaja en el manejo de un cultivo. Se puede acortar la etapa vegetativa, preservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables de los cultivos.

Cabe destacar que la presencia de hojas es un factor clave en el enraizamiento de estacas juveniles; sin embargo, la retención de las mismas en relación a la capacidad de enraizamiento se tiene que investigar más a profundidad, especialmente en un rango amplio de especies nativas y determinar los factores que hacen que ocurra este evento, (Gárate, 2010).

Mientras que, (Quispe, 2013), señala que la presencia de hojas en las estacas se debe al enérgico estímulo para la iniciación de raíces adventicias, ya que la pérdida

de agua por las hojas significaría reducción del contenido de líquido en los esquejes hasta ocasionar la muerte antes de la formación de las raíces adventicias.

Hagiwara & Damian (2016), indican que la capacidad de enraizar de las estacas varía según la especie que se trate. Incluso, la facilidad y velocidad de producir raíces adventicias varía dentro de una misma especie. Las raíces adventicias se forman naturalmente en zonas definidas a lo ancho de los nudos donde se insertan las hojas o en bandas a lo largo del tallo.

En la propagación de especies forestales la técnica más usada es el enraizamiento de estacas de tallo, (Hartmann y Kester, 2011), explican que este método presenta una serie de ventajas, entre los que destacan aspectos económicos y operativos; además, indican que con pocas plantas madre es posible producir nuevas plántulas en un espacio limitado.

La sección de corte se considera un factor importante para el enraizamiento de estacas, pues esto también influye en el éxito de supervivencia y enraizamiento de la misma. La estaca apical es la parte más joven de la planta; generalmente enraízan con mayor facilidad y rapidez que las de otro tipo, pero deben ser enraizadas en condiciones que impidan pérdidas de agua y responden positivamente al tratamiento con sustancias que estimulen el enraizamiento, (Jorge, 2018).

2.2.8.2. Propagación por estacas de Shihuahuaco Dipteryx ferrea (Ducke)

A la fecha, no se reportan estudios publicados sobre propagación vegetativa con *Dipteryx ferrea*. Sin embargo, observaciones en la mayoría de las investigaciones realizadas con especies como *D. Micrantha y D. Odorata*, dejan entrever que *Dipteryx ferrea* puede mostrar una buena respuesta ante este método de propagación. Por lo tanto, se asume una buena posibilidad de propagación por estacas para esta importante especie, (Flores, 2020).

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Ácido indol 3- butírico:** con siglas (AIB), auxina sintética promotora de raíces y que permanece más tiempo en el lado de la aplicación donde puede obtener el mayor efecto, (Saboya, 2010).

- **Árboles semilleros:** Árbol seleccionado en base a sus características fenotípicas y/o genotípicas superiores que se reserva para la producción de semillas, para la producción de germoplasma o para manejo basado en la regeneración natural, (OSINFOR, 2023).

- **Auxinas:** Cualquiera de las hormonas o sustancias activadoras del crecimiento en las plantas, (Mesén, 1998).

- **Brotación:** Es el proceso de formación de hojas nuevas en un individuo vegetal, es esencial para el crecimiento y desarrollo del mismo, (Armenia, 2001).

- **Cámara de sub irrigación:** Sistema de propagación vegetal en el cual se colocan las estacas, practico y fácil de construir, (Leakey et al., 1990).

- **Enraizamiento:** Acción y efecto que tiene una planta, un tallo o un esqueje de echar raíces, (Sánchez et al., 2010).

- **Estaca juvenil:** Segmentos y/o muestras tomadas del tallo de la planta para su propagación vegetativa y obtención de clones, éstas son tomadas de brotes cuyas células están en desarrollo, (ILCE, 2017).

- **Huerto clonal:** Material agrupado de individuos de una sola especie, manejado para la producción abundante y periódica de material para enraizamiento, (Mesén, 1998). Donde se toman estacas o realizan injertos para propagar y reproducir clones idénticos a los individuos de origen.

- **Plantones:** Plantas en los primeros estadios de su desarrollo, aptas para ser plantadas, (Sánchez et al., 2010).

- **Propagación vegetativa:** Forma o método de reproducción asexual, en el cual se generan nuevas plantas a partir de tejidos vegetales sin la necesidad de la producción de semillas, se puede realizar mediante estacas, esquejes, acodos, entre otros, (Salcedo, 2009).

- **Sustrato:** Material sólido distinto del suelo, que colocado en un contenedor o similar, en forma pura o mezclado desempeña un papel de soporte o anclaje para la planta, (Ansorena, 2016). Este proporciona los nutrientes necesarios y las condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

3.1.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo aplicativa, enfoque cuantitativo y nivel experimental, ejecutando un ensayo que permitió cumplir con los objetivos propuestos. En donde se evaluaron los efectos de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco dentro de la cámara de sub irrigación.

3.1.2. Diseño de investigación

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA), se determinó el porcentaje de enraizamiento mediante la evaluación de 288 unidades experimentales distribuidas en doce tratamientos con arreglo factorial (4AX3B).

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por estacas juveniles de la especie shihuahuaco Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke.

Estas fueron recolectadas del huerto clonal del IIAP y sometidas a un proceso de propagación vegetativa en una cámara de sub irrigación.

Esta experiencia se basó en estudios similares logrados con especie como capirona, marupa y otros, desarrollados tanto en diversas instituciones del ámbito regional y nacional.

3.2.2. Muestra

La muestra comprendió un total de 288 estacas juveniles de 5 a 7 cm de longitud y menor a 5mm de diámetro.

3.3. Procedimientos de Recolección de Datos

3.3.1. Ubicación

Este trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), filial Ucayali.

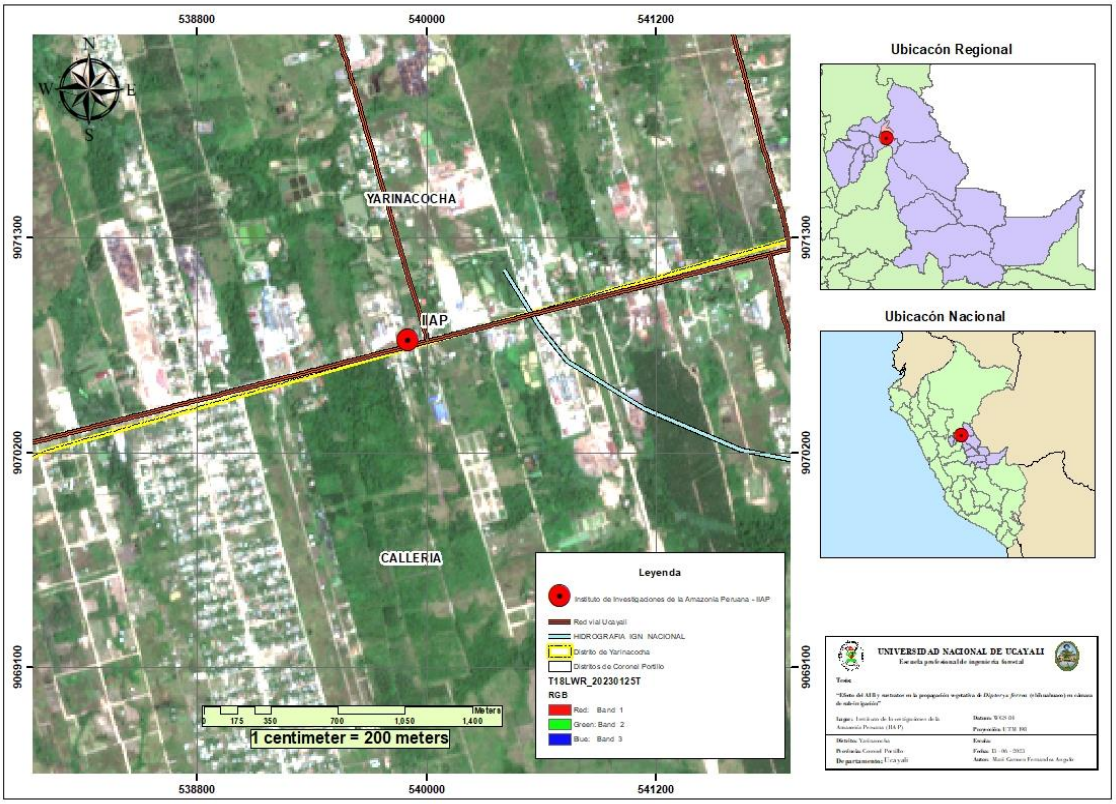
Ubicado en la Carretera Federico Basadre Km.12.400, Pucallpa, Provincia de coronel Portillo, Departamento de Ucayali (figura 1).

Se desarrollaron las actividades para la ejecución del experimento en el área de preparación de sustratos y de propagación vegetativa distribuidas en el área del vivero.

El lugar posee un clima lluvioso, tropical, con precipitación alta en todas las épocas del año, con humedad relativa dispuesta muy húmeda) de tipo lluvioso y cálido, con temperatura máxima, media y mínima de 33 °C, 26 °C y 18,7 °C, respectivamente (IIAP, 2015).

Figura 1

Mapa del lugar donde se ejecutó el estudio



3.3.2. Preparación de la cámara de sub irrigación

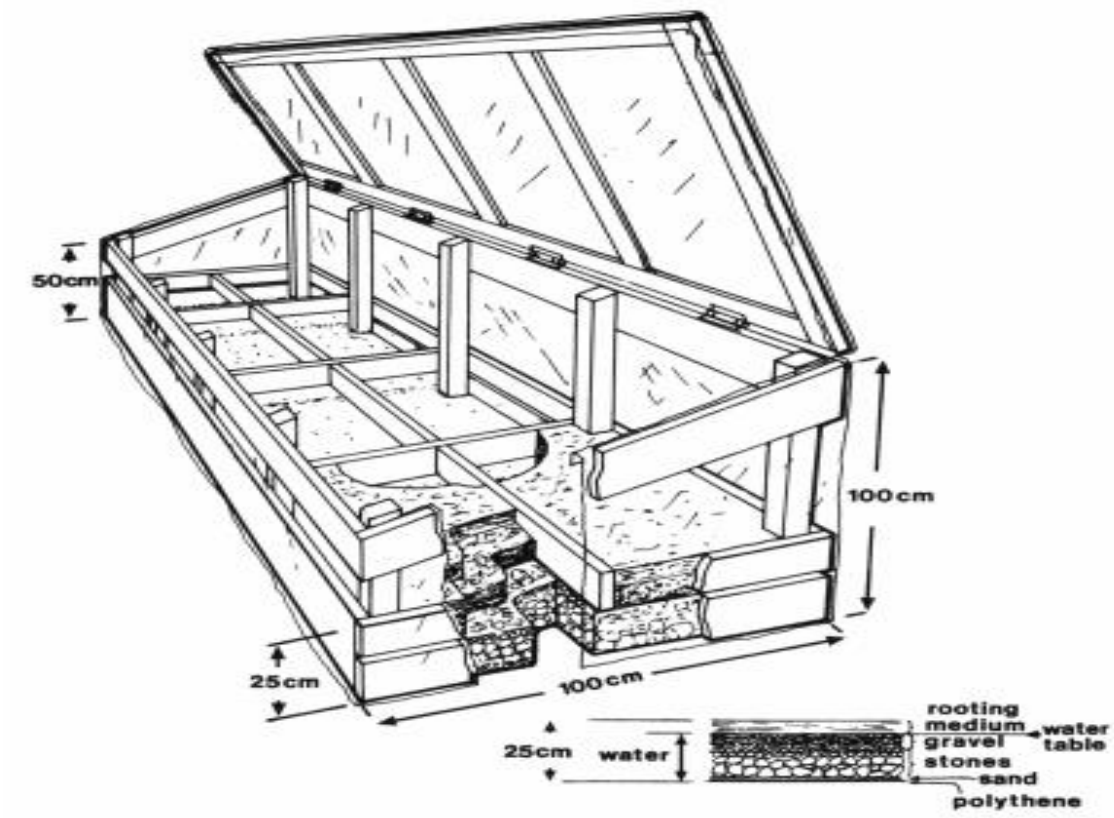
Para la instalación del experimento se usó una cámara de sub irrigación que se encontraba en el vivero del IIAP.

Las dimensiones de la cámara fueron de 2.5 m longitud, ancho 1.0 m, altura 0.5 m de la parte anterior y 1.0 m de la parte posterior; herméticamente forrada con mica transparente de polietileno (Figura 2), la cual evita la pérdida de humedad y facilita la entrada de luz hacia las estaquillas, esta cámara sigue el diseño de (Leakey y Mesén, 1991).

El ambiente fue limpiado y desinfectado con ayuda de un trapo húmedo con una mescla de detergente y lejía.

Figura 2

Cámara de sub irrigación



En el interior de la cámara se colocó como primera capa piedras grandes a una altura de 10 cm, luego piedras pequeñas (3-6 cm) debidamente lavadas y desinfectadas. Posteriormente se añadió una base de 5cm de arena lavada y desinfectada para finalmente colocar las bandejas con tubetes y sustratos para el enraizamiento.

3.3.3. Adquisición y preparación de los sustratos

Los insumos, equipos y materiales utilizados en la preparación de los sustratos fueron proporcionados por el IIAP. Las pastillas jiffy fueron obtenidas de una empresa ubicada en la ciudad de Lima que comercializa estas pastillas en cajas, mientras que la cascarilla de arroz de la piladora de arroz ¨Barbaran¨ ubicada en el km 6 de la ciudad de Pucallpa.

La gallinaza descompuesta de un año, procedió de una empresa agrícola ubicada en Campo verde, proveedores especializados en abonos orgánicos.

El compost de aserrín fue recolectado en el ex aserradero CAVA, propiedad que se encuentra al margen derecho del local del IIAP. Este se formó en base a los residuos de madera aserrada de las especies quinilla, shihuahuaco, cachimbo e ishpingo; que pasaron por un proceso de descomposición aproximadamente de cuatro años.

Para quemar la cascarilla de arroz se utilizó el horno quemador de tipo artesanal como se observa en la figura 3. La combustión se aseguró colocando leña cada 30 minutos. (Figura 1A), la cascarilla de arroz que se encontraba alrededor de la chimenea se removió constantemente con la ayuda de pala y rastrillo para distribuir el calor de modo uniforme.

Figura 3

Horno quemador



Transcurrido el tiempo de quema (2 horas) se dejó reposar y se extendió la cascarilla de arroz carbonizada con el rastrillo en toda el área de preparación de sustratos. De manera simultánea se regó con abundante agua a efecto de apagar el fuego, en total se obtuvo 2 sacos de cascarilla de arroz carbonizada. Las pastillas (jiffys) se disolvieron en agua durante 24 horas, se escurrió el exceso de agua, luego se retiró la telita (tipo gasa) que cubre cada pastilla y se colocó en un balde.

La fibra de coco (5kg) se mesclo con 5 litros de agua en una bandeja, con las manos y la ayuda de una paleta se removió la fibra. Por otro lado, una carretilla de gallinaza y una de aserrín descompuesto, fueron cernidos por separado con ayuda de una zaranda de 0.5 mm de cocada, con ello se eliminó las impurezas (Fig 3A).

Habiéndose colocado cada sustrato en sacos de yute, se trasladaron a un bidón de metal especialmente diseñado (Figura 4) que contenía 4 litros de agua y sobre una base de parrilla se colocaron los sacos de aserrín descompuesto y gallinaza respectivamente.

Figura 4

Bidón de metal para desinfección y esterilización de sustratos



Ambos fueron desinfectados y esterilizados mediante el método de vapor de agua, durante 2 horas. Luego los sacos se enfriaron en el bidón (fig.12) y fueron trasladados al área de preparación de sustratos.

La cascarilla de arroz carbonizada (CAC) y gallinaza descompuesta (G) se mesclo en una proporción 1:1 (2 baldes de CAC + 2 baldes de gallinaza). La misma proporción se usó para el sustrato de CAC+ compost de aserrín.

3.3.4. Análisis físico químico de los sustratos

Para este caso se tomó como referencia los datos obtenidos de diversos autores en relación a la prueba de sustratos, quienes mesclaron de manera homogénea los insumos, mediante muestras de 1 kg que fueron enviadas a un laboratorio correspondiente para su análisis físico químico, con el motivo de estipular el contenido de micro y macronutrientes y otras características de interés (Anexo 6).

3.3.5. Acondicionamiento de bandejas y tubetes para los sustratos

En el experimento, se utilizaron seis bandejas de polietileno de 40 x 59 x 17 cm de fondo codificados con plumón indeleble y corrector, conteniendo cada uno 48 tubetes de 180 cm3.

Así mismo se usó un total de 288 tubetes de polipropileno que se consideran los más comerciales para plantas forestales. Estos fueron colocados con una separación de 1 fila vacía por tratamiento, contando con un total de 2 tratamientos en cada bandeja.

Los tubetes fueron llenados con sustrato según el número de unidades correspondientes por tratamiento y repeticiones. Además, cada sustrato usado se pesó con una balanza de kilo, usándose aproximadamente las siguientes cantidades en cada tubete (tabla 1).

Tabla 1

Peso de los sustratos usados en el experimento por tubete

Sustrato	***Peso (gr)***
CAC+ compost de gallinaza	180 gr
CAC+ compost de aserrín	80 gr
Jiffy	52 gr
Fibra de coco.	49gr

3.3.6. Preparación de las concentraciones de hormona AIB

En el Laboratorio de Germoplasma del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – Pucallpa, se preparó las soluciones de ácido Indol 3-butirico.

Para el ensayo se pesó el AIB necesario según concentración en una balanza analítica, estos fueron diluidos con ayuda de una probeta en alcohol de 96% (Figura 5A). Las especificaciones se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Medidas para la preparación de ácido indol-3-butírico (AIB).

Concentración de AIB (mgL-1)	**Peso de AIB (gr)**	**Alcohol etílico 96 º (ml)**
8000	0.8	99.2
12000	1.2	98.8
18000	1.8	98.2

3.3.7. Selección, extracción y transporte de material

La selección se realizó mediante observación directa, estas fueron plantas juveniles de shihuahuaco (Dipteryx ferrea) que contaban con las características deseadas como el diámetro y tamaño aproximado a las medidas requeridas para la obtención de estacas.

Para mantener la turgencia de las estaquillas estas se cortaron a las 6:10 de la mañana con una temperatura de 21.2°C. La extracción se realizó en el área de propagación vegetativa del Vivero Forestal del IIAP.

Se cortaron estacas de secciones apicales de cada planta juvenil, desinfectando con alcohol al 96° para cada corte y durante el traslado estas se colocaron en una caja térmica con mango para mantener la temperatura de estas.

3.3.8. Corte de las estaquillas

Seguidamente de la extracción del material, las estaquillas fueron trasladadas a una mesa de metal desinfectada con alcohol y forrada con papel toalla.

Donde se cortó las estaquillas en sus dimensiones definitivas con ayuda de una tijera de podar de mano desinfectadas con alcohol al 96° para no contaminar las muestras.

El corte fue de tipo recto, entre 5 a 7 cm de longitud que se verificó con ayuda de una regla de 30 cm. Efectuado por encima de cada nudo y considerándose dejar de una o dos hojas verdaderas por estaquilla.

Todas estas medidas mencionadas desde la selección del material hasta el corte contribuyeron al éxito del enraizamiento de las estaquillas.

3.3.9. Aplicación de cupravit ®

Como acción preventiva ante el ataque o aparición de enfermedades fungosas en las estaquillas, se preparó una solución fungicida de cupravit de 0.5 % mesclada con 1 litro de agua en una bandeja donde se sumergió por 5 min de 50 a 30 estaquillas recién cortadas, luego se colocaron en un ambiente al aire libre para secarse durante 20 minutos.

3.3.10. Aplicación de la hormona AIB

La aplicación del ácido indol-3-butírico en formulación líquida se realizó a 5 mm desde la base de la estaquilla (Figura 8A), que se sumergió durante 5 segundos (método de inmersión rápida) en los recipientes con las soluciones previamente preparadas.

Para la evaporación del alcohol que contenía la solución se dejó secar durante 20 segundos, permaneciendo así fijada la hormona en cada estaquilla.

3.3.11. Establecimiento de las estacas dentro del propagador

Con ayuda de una estaca de madera se realizó hoyos de aproximadamente 2cm de profundidad en los tubetes de 180 cm3 con (13.5 cm de altura) con sustrato. En seguida con mucho cuidado con la finalidad de no dañar los tejidos del corte se colocó cada estaquilla dentro de los tubetes con sustrato según los tratamientos establecidos, haciendo muy poca presión solo alrededor de esta.

Las bandejas con tubetes se encontraban en el área de propagación a 21.6°c mientras se colocaban las estaquillas, por lo que la temperatura de estas no se vio afectada.

Cuando se terminó de colocar todas las estacas según tratamiento y repetición se trasladó las bandejas a la cámara de sub irrigación, donde estas fueron establecidas en el interior con el bosquejo del diseño experimental.

Posteriormente se colocaron las etiquetas marcadas con su respectivo código con plumón indeleble negro. Así permanecieron por espacio de 40 días en bandejas colocadas dentro de la cámara de sub irrigación.

3.3.12. Cuidado durante el periodo de propagación dentro de la cámara

Cuando las estaquillas se encontraban establecidas dentro de la cámara de sub irrigación se controló la humedad relativa y temperatura dentro y fuera del propagador con un Termo higrómetro digital, se midió la luz con el luxómetro y se regó tres veces al día en las siguientes horas: 7 am, 1 y 3 pm.

Se utilizó 3 litros de agua por riego en una mochila fumigadora durante 21 días y una jarra regadora de 3 litros durante 19 días. Esto con la finalidad de crear un ambiente de alta humedad favorable para el enraizamiento de las estaquillas dentro de la cámara.

Además, se realizó inspecciones regulares luego de los lapsos de evaluación y riego para detectar problemas patológicos en las estaquillas, así como también para eliminar las hojas caídas y observar el avance en el proceso de enraizamiento.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas

En esta investigación, se utilizó la técnica de observación directa, donde se evaluaron un total de 288 estacas que comprendieron la muestra y fueron sometidas a un DCA, diferentes tratamientos en condiciones iguales dentro de una cámara de sub-irrigación.

3.4.2. Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizó el formato de evaluación de estacas que se observa en el anexo 4. Así mismo, para la recolección de datos meteorológicos que fueron evaluados adicionalmente para observar factor como la temperatura, humedad relativa y luz dentro y fuera del propagador se utilizó el formato establecido en el anexo 5.

3.5. Procesamiento Para la Recolección de Datos

La recolección de los datos se realizó con el formato de evaluación de enraizamiento (anexo 4) establecido para el experimento. Donde se recopilo datos como: supervivencia por estaquilla, número de brotes, longitud y numero raíz. Cada uno de estos datos fueron evaluados a los 40 días de haberse instalado el experimento a las 08:00 am horas.

También se realizó una evaluación al azar mediante observación directa a los 20 días de instalado el experimento para recopilar información sobre la fecha de aparición de las primeras raíces en las estaquillas. Esto solo permitió observar el avance del experimento mas no considerarlo como resultado.

3.5.1. Materiales, equipos e insumos requeridos

3.5.1.1. Estacas de Dipteryx ferrea (Ducke)

Se utilizaron estacas de plantas juveniles de 5 meses de edad, que fueron instaladas en tubetes y aclimatadas en el área del vivero forestal del IIAP.

Según información de técnicos del IIAP las plantas donantes fueron establecidas con las semillas botánicas recolectadas de un árbol semillero de shihuahuaco.

3.5.1.2. Sustrato

En el experimento se usó cuatro tipos de sustratos: 1) Jiffy (testigo), 2) Fibra de coco, 3) Cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza descompuesta (1:1) y 4) Cascarilla de arroz carbonizada + aserrín descompuesto.

Para los sustratos se usaron 400 jiffys o pastilla de turba, 5kg de fibra de coco, 2 sacos de cascarilla de arroz y una carretilla de gallinaza y una de aserrín descompuesto.

3.5.1.3. Equipos y materiales

En el experimento se usaron los siguientes equipos: vernier digital para la medición del diámetro de las estacas, termo higrómetro y luxómetro digital; para medir las condiciones de temperatura e iluminación dentro y fuera de la cámara de sub irrigación, balanza analítica de precisión, probetas y vaso precipitado para la preparación del AIB, así como una cámara fotográfica para capturar los procesos y resultados del experimento.

3.5.1.4. Otros materiales

Se utilizó también un horno quemador, leña, fosforo, petróleo, pala, rastrillo y escoba para la preparación de cascarilla de arroz carbonizada, costales y bidón para la desinfección de los sustratos, carretilla y zaranda de 0.5 mm para trasladar los sustratos sin impurezas, bandejas y baldes para colocar los mismos.

Tubetes de 180 cm3 para colocar los sustratos y estacas, bandejas para colocar los tubetes dentro de la cámara, durante el crecimiento inicial de las estacas se utilizó malla raschell color negro (80 % de luz), para brindar ambientes adecuados de irradiación solar.

También se utilizó marcadores de identificación o etiquetas para la identificación de cada tratamiento, después una libreta de apuntes para tomar los datos necesarios y dos formatos de evaluación (datos de día/hora y el formulario de enraizamiento y otras variables).

Así mismo, un pulverizador marca Jacto de 20 litros y regadera de 3 L litros para el riego de las estacas, regla de plástico de 30 cm para evaluar la altura y longitud de raíces de las estacas y material de escritorio para la toma de datos.

3.5.2. Evaluación del enraizamiento (%), número y longitud de raíces

Se contó el número de estacas enraizadas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Considerándose como estaquilla enraizada la que presentó al menos una raíz de 2 mm de longitud.

Mediante observación directa se evaluó el número de raíces por estaquilla y con una regla se midió la longitud de las raíces que tenía cada estaquilla, luego se promedió la longitud en base al total de unidades por tratamiento y repetición.

3.5.3. Evaluación del número de brotes aéreos y callos

Para este procedimiento se contó el número de brotes aéreos (yemas) y callos por estaquilla y se evaluó en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

3.6. Tratamiento de datos

3.6.1. Diseño experimental

El estudio se realizó un arreglo factorial 4AX3B (Tabla 3), adaptado al diseño completamente al azar (DCA) con doce tratamientos, tres repeticiones y 24 unidades experimentales por tratamiento.

Tabla 3

Arreglo bifactorial del experimento (sustrato+ concentración de AIB)

Factor A (Sustratos)	a1	Jiffy (testigo)
	a2	Fibra de coco
	a3	Cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza
	a4	Cascarilla de arroz carbonizada+ compost de aserrín
Factor B ¨Dosis de ácido indol-3-Butírico (AIB)¨	b1	8000 ppm (testigo)
	b2	12000 ppm
	b3	18000 ppm

Cada tratamiento estuvo representado por tres repeticiones (tabla 4) y cada repetición comprendió ocho unidades experimentales, contándose con un total de 288 estaquillas dentro del experimento.

Tabla 4

Descripción de los tratamientos de las muestras evaluadas

Tratamientos	Clave	Descripción de tratamientos
T1 (testigo)	a1b1	Jiffy, 8000 ppm
T2	a1b2	Jiffy, 12000 ppm
T3	a1b3	Jiffy, 18000 ppm
T4 (testigo)	a2b1	Fibra de coco, 8000 ppm
T5	a2b2	Fibra de coco, 12000 ppm
T6	a2b3	Fibra de coco, 18000 ppm
T7 (testigo)	a3b1	Cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza, 8000 ppm
T8	a3b2	Cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza, 12000 ppm
T9	a3b3	Cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza, 18000 ppm
T10 (testigo)	a4b1	Cac + compost de aserrín, 8000 ppm
T11	a4b2	Cac + compost de aserrín, 12000 ppm
T12	a4b3	Cac + compost de aserrín, 18000 ppm

3.6.2. Aplicación de prueba estadística inferencial

Los datos fueron registrados en el software Microsoft Excel, posteriormente se colocaron los datos obtenidos para el análisis estadístico en el software InfoStat.

Las variables principales evaluadas fueron sometidas al análisis de varianza (ANVA) y a la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de ($p<0.05$), para determinar la diferencia entre los tratamientos realizados.

Figura 5

Distribución de las unidades experimentales

T1	T9	T1	T6	T4	T12
T2	T8	T2	T5	T5	T11
T3	T7	T3	T4	T6	T10
T4	T12	T7	T12	T7	T3
T5	T11	T8	T11	T8	T2
T6	T10	T9	T10	T9	T1

En la Figura 5, la letra T representa los Números de tratamientos estudiados con 8 U.E cada uno.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del AIB y sustratos en el enraizamiento de estacas de shihuahuaco

En la tabla 5 se observa que la mescla de sustrato cascarilla de arroz carbonizada con gallinaza (CAC+G) arrojó los mejores resultados de enraizamiento en estacas de shihuahuaco con un 90%. En relación a la dosis de AIB, el mejor enraizamiento se notó con la concentración de 18000 ppm.

Tabla 5

Valores de enraizamiento de los sustratos y combinaciones de AIB

Sustratos	**Jiffy**			**Fibra de coco**			**CAC+ gallinaza descompuesta**			**CAC+ compost de aserrín**		
Dosis de AIB (ppm)	**8000**	**12000**	**18000**	**8000**	**12000**	**18000**	**8000**	**12000**	**18000**	**8000**	**12000**	**18000**
Repeticiones/ Tratamientos	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**T7**	**T8**	**T9**	**T10**	**T11**	**T12**
I	75	75	75	63	75	88	100	88	88	75	100	75
II	88	75	75	75	38	88	63	100	100	100	88	100
III	75	88	100	38	25	75	88	88	100	88	50	88
Suma	238	238	250	176	138	251	251	276	288	263	238	263
Promedio	79%	79%	83%	59%	46%	84%	84%	92%	96%	88%	79%	88%
Sustrato		242			188			272			255	
		81%			63%			90%			85%	
AIB		928			890					1052		
		77%			74%					88%		

En la tabla 5 se observa los 12 tratamientos de estudio; usando 4 tipos de sustratos y 3 combinaciones de AIB. En donde el tratamiento 9; la mescla de sustrato cascarilla de arroz carbonizada con gallinaza (CAC+G) en combinación

con 18000 ppm de (AIB) ácido indol-3- butírico, presento los mejores resultados de enraizamiento en estacas de shihuahuaco con un 96%.

También los tratamientos (T1 T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12) brindaron porcentajes de enraizamiento superiores al 50%, a excepción del T5 de sustrato fibra de coco (FC) en combinación con 12000ppm de (AIB) que no brindo los mejores resultados, presentando un enraizamiento del 46 % de estacas enraizadas.

4.1.1. Análisis de varianza

Tabla 6

Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento

Fuente de variación	**SC**	**Gl**	**CM**	**Fobs**	**p-valor**
AIB	1206.6	2	603.3	2.53	0.1009
Sustrato	3901.91	3	1300.64	5.45	0.0053**
AIB*Sustrato	1397.57	6	232.93	0.98	0.4628
Error	5729.17	24	238.72		
Total	12235.24	35			

La tabla 6 indica que no existe interacción factorial entre sustrato y dosis. Se observa que no existe diferencias significativas en el porcentaje de enraizamiento utilizando 3 dosificaciones de AIB.

Sin embargo, si existe diferencias altamente significativas utilizando 4 tipos de sustratos, por lo cual se procedió a realizar la prueba de tukey.

Tabla 7

Prueba de Tukey de los sustratos en el porcentaje de enraizamiento

Sustrato	Promedio	Grupos homogéneos	
CAC+G	90.28	A	
CAC+A	84.72	A	
Jiffy	80.56	A	
FC	62.50		B

En la tabla 7, se observa que no existe diferencias significativas entre los sustratos CAC+G, CAC+A y JIFFY, que presentaron los mayores porcentajes promedio de enraizamiento, estos difieren significativamente del sustrato FC, que arrojó un 62.50 %.

4.1.2. Efecto del AIB en el enraizamiento de Dipteryx ferrea

Tabla 8

Porcentaje de enraizamiento con tres concentraciones de ácido indol-3-butírico

Dosis de AIB (ppm)	**Promedio de enraizamiento**
18000	88%
8000	77%
12000	74%

El AIB de 18000 ppm ejerce efecto positivo en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación. Con esta dosis se obtuvo mayor porcentaje de enraizamiento (88%) y se coincide con lo mencionado por (Argueta, 2008), quien en su estudio señala que la concentración de 18000 ppm aparentemente se perfila como la de mejor resultado desde el punto de vista comercial.

El porcentaje obtenido de enraizamiento con 12000ppm fue menor en comparación a las otras dosis (74%), sin embargo, esto supera lo obtenido por (Dahua, 2018), que en su estudio presento un 41.7% de enraizamiento con estacas apicales de marupa, igual que los resultados de (Vásquez, 2011), que con la dosis de 3000ppm observo 19,5% de enraizamiento como el valor más alto.

Por otra parte, se observa que en función de las concentraciones crecientes de AIB; el enraizamiento en las estacas de shihuahuaco aumenta significativamente. (Dahua, (Tesis), 2018) y (Hartmann y Kester, 2011), sostienen que a mayor concentración de AIB mayor porcentaje de enraizamiento.

Diferenciándose de (Medina et al, 2012) que observaron un mejor éxito a bajas concentraciones y obtuvieron un mayor porcentaje de mortandad a concentraciones mayores de AIB.

Esto también se refleja en el estudio de (Fragenello et al., 2015) que encontraron incrementos en el enraizamiento (28.9%), con el uso de 8000 ppm de AIB que fue la mayor concentración que usaron y que resultó en un incremento de raíces por estaca de *Cordia trichotoma*.

La aplicación de AIB permitió la obtención de resultados favorables en el estudio, por ello se coincide con (Mesén, 1998) y (Gratieri et al., 2008) quienes señalan que el uso de AIB en la propagación de especies forestales puede mejorar el enraizamiento de los esquejes y reducir la mortalidad. A diferencia de (Cordova, 2011) , que sin aplicación de AIB presento mejor resultado, logrando hasta un 25% de enraizamiento.

Los resultados arrojados en el estudio señalan que el porcentaje de enraizamiento en las especies Dipteryx dependerá principalmente de un adecuado sustrato y el insumo usado como estimulante, como el caso de (Rollo, 2009), quien en estaquillas de *Dipteryx odorata* tratadas con leche de coco en propagadores de sub irrigación obtuvo 6,6% de enraizamiento. Así mismo, en un estudio de propagación vegetativa (Millán & Márquez, 2014), emplearon ANA (0,40%), agua de coco, penca de sábila e hipoclorito y obtuvieron respuesta negativa.

Con la aplicación de 8000ppm de AIB se obtuvo un 77 % de enraizamiento en el estudio, este resultado supera lo obtenido por (Inga et al., 2015), que reportan con 7000ppm de AIB un 74% de enraizamiento en estacas de copaiba. (Murrieta, 2012), en su investigacion sobre propagación de estacas de cedro utilizo 3000 ppm de AIB y obtuvo 89% de enraizamiento. (Ciriello, 2010) con la especie *Calophyllum brasiliense* utilizo concentraciones de 1000 a 5000 ppm de AIB y obtuvo 90% enraizamiento.

Mientras que el shihuahuaco (Dipteryx ferrea) con la aplicación de AIB en 18000 ppm enraizo un 88%. Esto indica que las especies forestales requieren una concentración especifica de AIB para el enraizamiento. Así mismo, (Ayllón, 2018) con la especie *Dipteryx odorata* utilizando 3000 ppm de AIB obtuvo 70% de enraizamiento, aun tratandose de shihuahuaco.

Gracias a la aplicación de diferentes dosis de AIB se observó que el efecto que esta hormona ejerce sobre las estaquillas es positivo, permite lograr resultados favorables en relación al enraizamiento y desarrollo de las estaquillas en menor tiempo. Por lo que se concuerda con (Hartmann y Kester, 2011), quienes mencionan que el uso de AIB en la propagación de especies forestales puede mejorar el enraizamiento de los esquejes.

4.1.3. Efecto del sustrato en el enraizamiento de Dipteryx ferrea

Tabla 9

Porcentaje de enraizamiento con cuatro tipos de sustratos

Sustratos	Promedio de enraizamiento
Jiffy	81%
FC	63%
CAC+G	90%
CAC+A	85%

Nota: Jiffy (producto densificado de materia orgánica); FC (Fibra de coco), CAC+G (cascarilla de arroz carbonizado + gallinaza); CAC+A (cascarilla de arroz carbonizado + aserrín descompuesto).

En la tabla 9 se observa que el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza ejercieron un efecto positivo en la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea*, por lo que se concuerda con (Abanto et al., 2016) que utilizaron estos sustratos y presentaron mayor eficiencia en el crecimiento y mejor calidad de plantas de la especie. Así mismo, (Cercado, 2022), usó el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza (1:1) y este mostró valores más altos en el enraizamiento de capirona.

El porcentaje de enraizamiento se mantuvo por encima del 70% con el sustrato Jiffy, ante esto se puede señalar que este sustrato es adecuado para especies forestales; por lo que se concuerda con (Vallejos et al., 2014) quienes en su investigación sostienen que el sustrato pellets-jiffy mostró buenos resultados en el enraizamiento de estaquillas de *Calycophyllum spruceanum*.

Por otro lado, con el sustrato fibra de coco el porcentaje de enraizamiento fue de 63%; menor en comparación a lo obtenido por los otros sutratos. Por lo que se difiere con (Muñoz, 2007), quien señala que la fibra de coco como sustrato permite una alta germinación, enraizamiento y óptimo desarrollo de las plántulas.

De igual modo, la cascarilla de arroz carbonizada con aserrín descompuesto mostro valores altos 87.5% y 79.2 %, esto se puede justificar por que el material se encuentra en descomposicion, a diferencia de (Tang, 2014), quien en el enraizamiento de Tahuari obtuvo en aserrín fresco (70.8%).

Es importante señalar que la elección del tamaño de las estacas que oscilo de 5 a 7 cm fue producto de la recomendación hecha por personal con experiencia en propagación vegetativa de especies forestales.

Esta, para el caso de *Dipteryx ferrea* arrojo 96% de enraizamiento. De igual modo, el uso de estacas de tipo apical de las plántulas de shihuahuaco, se adecuo del estudio de (Zavaleta, 2019), quien en la propagación vegetativa de *Dipteryx odorata* con estaquillas apicales, alcanzó un enraizamiento de 73,3%.

En general, el uso de estacas apicales contribuyó a la obtención de mejores resultados en la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea*, esto puede explicarse por el hecho de que las estacas apicales son más jóvenes y en consecuencia hay más células capaces de convertirse en meristemáticas como lo sostienen (Hartmann y Kester, 2011).

Por otra parte, la temperatura y humedad fueron importantes para lograr mayores resultados de enraizamiento. (Morales, 2016), señala que es preciso mantener el ambiente húmedo para conservar la turgencia de las células del tejido de los esquejes y así obtener un buen enraizamiento.

(Leakey y Mesén, 1991), evidencian que para especies forestales la temperatura óptima del aire que favorece es de 20 a 25 ºC, aunque temperaturas hasta 30ºC son aceptables siempre y cuando se mantenga una humedad relativa cercana a 95%.

Estos rangos se encuentran dentro de los observados en el estudio (Tabla 10), lo cual evidencia que la temperatura y humedad contribuyó a los altos porcentajes obtenidos.

Tabla 10

Promedios de temperatura, humedad y luz dentro del propagador

INTERIOR DEL PROPAGADOR		
Temperatura °C	**Humedad relativa %**	**Lux**
29 °C	55%	2343

Sin embargo (Ruiz y Mesén, 2010), señalan que es necesario mantener las temperaturas bajas porque ayuda a evitar el estrés hídrico al mantener la humedad relativa alta. Y se concuerda con lo mencionado por (Gárate, 2010), ¨a medida que la temperatura se incrementa (dentro de los límites), las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor¨.

Así mismo, una buena iluminación como se observa en el promedio de lux (2343) que precisa la luz o iluminación que tenía la cámara de sub irrigación permitió el mejor desarrollo de raíces de las estacas.

Esto coincide con (Gárate, 2010), quien precisa que el manejo de la iluminación es muy importante y su influencia es necesaria durante todas las fases del proceso del enraíce de las estacas.

4.1.4. Longitud y numero de raíces por estaca

La tabla 11 indica que la mayor longitud de raíz promedio se obtuvo con la dosis de 18000ppm (7.81cm). Mientras que con el sustrato Jiffy se presentó la longitud mayor (8.82 cm) del promedio de las estacas observadas.

Tabla 11

Longitud promedio de raíz en estacas de Dipteryx ferrea

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	8.45	7.90	10.07	8.82
FC	4.30	4.30	6.55	5.07
CAC+G	5.60	6.40	6.95	6.32
CAC+A	9.29	7.34	7.67	8.09
Prom.	6.91	6.49	7.81	

La mayor longitud de raíz promedio observada en el estudio fue 10.07 cm con la aplicación de 18000 ppm de AIB. (Abanto et al., 2015), observaron el incremento de longitud a medida que las dosis aumentaban, en 3000, 6000 y 9000 ppm de AIB; 3,23 cm, 2,42 cm y 8,79 cm respectivamente, con estacas apicales.

Con la combinación de 18000ppm con sustrato Jiffy, la longitud obtenida fue similar a (Rioja, 2022), que obtuvo 10. 94 cm utilizando la mezcla (CAC 50% - TURBA 25% - FC 25%).

Del mismo modo, el aumento de longitud de raíces con AIB a mayores cantidades se justifica por lo observado en estudios como el de (Villegas et al, 2018) que observaron 6.30 cm en el tratamiento con 2000 ppm de AIB en la longitud de raíces de Dipteryx micrantha y (Manihuari, 2022), que obtuvo 5.50mm con 6000ppm.

(Rioja, 2022), afirma que el tamaño de tubetes de 115 cc tiene influencia en el desarrollo radicular de *Dipteryx sp.* (Shihuahuaco), esto contrasta con los resultados logrados en este estudio debido a que el tubete de 180cc aportó un mejor desarrollo de las raíces.

Tabla 12

Longitud máxima de raíz

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	16	20.3	15	17
FC	12.6	19.8	15	16
CAC+G	17	15	15.5	16
CAC+A	18.5	15	15	16
Prom.	16	18	15	

En relación a la longitud máxima de raíces observadas por tratamientos, en la tabla 12 se distingue que el sustrato Jiffy proporciono una mayor longitud promedio (17cm), al igual que el AIB de 12000ppm (18cm). Aunque estos promedios no difieren en comparación a los demás sustratos y dosis de AIB.

Si observamos las longitudes y numero de raíces emitidas de las combinaciones de los tipos de sustratos y dosis de AIB se presenta diferencias entre los tratamientos de estudio. La mayor longitud de raíz se obtuvo con la combinación de 12000ppm de AIB y el sustrato Jiffy (20.3cm) y la menor fue de 12.6cm con el sustrato fibra de Coco y 8000ppm.

La longitud de raíz más larga del estudio, supera a lo observado por (Chauhan et al., 2020), quien observo (4,4 cm) en longitud máxima de raíz. que de la especie *Trillium govanianum* con estacas apicales. Igual que (Vásquez, 2011), que en su investigación con la dosis de 10000ppm mostró como el valor más alto (8.79 cm) de longitud con estacas de caoba respectivamente y (Manihuari, 2022), que presentó mayor promedio en longitud (5.50mm) y numero de raíces (17) con 6000ppm con estacas de la especie copaiba.

Sin embargo, la longitud obtenida es menor al encontrado por (Santos et al., 2016), quien observo en estacas de *Lippia gracilis* como mayor longitud de raíz 26.03 cm. Aunque estas diferencias observadas pueden ser causadas porque se tratan de especies diferentes en ambos casos.

Tabla 13

Numero de raíces emitidas por tratamiento

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	32	39	33	35
FC	23	19	37	26
CAC+G	59	59	72	63
CAC+A	40	42	38	40
Prom.	39	40	45	

En la tabla 13 se observa el número de raíces emitidas de las estacas en relación a dosis de AIB y tipos de sustrato. Donde se percibe que la cascarilla de arroz+ gallinaza descompuesta proporciono un alto número de raíces en promedio (63 raíces), mientras que el AIB de 18000 ppm un total de 45 raíces en promedio. Al respecto (Manihuari, 2022), afirma que las dosis crecientes de AIB permite el desarrollo de un mayor número de raíces.

Tabla 14

Numero de raíces/ estaca

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	1.33	1.63	1.38	1.44
FC	0.96	0.79	1.54	1.10
CAC+G	2.46	2.46	3.00	2.64
CAC+A	1.67	1.75	1.58	1.67
Prom.	1.60	1.66	1.88	

En la tabla 14 se observa que el mayor número de raíces/ estaca que se observa es de (2.64) con el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza descompuesta, que supera lo obtenido por (Mermao, 2012), quien encontró como mayor promedio 1.55 raíces/estaca con el sustrato arena de río.

Mientras que en relación al AIB, el mayor número de raíces por estaca obtenido fue de 1.88con 18000ppm, esto fue menor a lo encontrado por (Abanto et al., 2015), que con dosis de 9000 ppm de AIB tuvo como mayor promedio 3,33 raíces/estaca. Así mismo en el estudio, la combinación de 18000ppm con gallinaza proporciono el mayor número de raíces/estacas (3.00), que supero a lo obtenido por (Mermao, 2012), quien observó 1.55 raíces/estaca.

4.2. Efecto del AIB y sustratos en la supervivencia de estaquillas (%)

En relación a la variable supervivencia, se observó altos porcentajes de supervivencia; tanto en AIB como sustratos. Estos datos se reflejan en la tabla 15, donde el menor porcentaje observado con la aplicación de AIB fue de 98% con 1200ppm y mayores (99%) con 8000 y 18000 ppm. Mientras que, en los sustratos las estacas con cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza presentaron el mayor porcentaje de supervivencia (100%).

Tabla 15

Porcentajes de supervivencia en estacas de Dipteryx ferrea

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	96	100	96	97
FC	100	96	100	99
CAC+G	100	100	100	100
CAC+A	100	96	100	99
Prom.	99	98	99	

Estos datos muestran que con la dosis de AIB, sustrato adecuado y un propagador de sub irrigación correctamente establecido se logra una excelente propagación, que se refleja en los datos de supervivencia.

Además, permitieron diferenciar de resultados en cuanto al método de propagación, como (Millán & Márquez, 2014), que obtuvieron una respuesta negativa en propagación vegetativa de (Dipteryx panamensis) ejecutado en cámara de sub-irrigación.

La supervivencia también supera a los obtenidos por (Chauhan et al., 2020), que en la propagación vegetativa de la especie *Trillium govanianum* utilizando esquejes de secciones apicales presento como alta supervivencia (90,4%).

Así como (Manihuari, 2022), que obtuvo un 37.5% de supervivencia mayor; en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plantones de copaiba en túneles de subirrigación.

Sin embargo, (Mermao, 2012), reportan 100% de sobrevivencia, pero en concentraciones de 4000 y 6000 ppm de AIB con arena de río en la propagación de estacas juveniles de *Myroxylon balsamum* con diferentes concentraciones de AIB y sustratos. Así mismo (Vásquez, 2011), que usando arena gruesa y 1000ppm obtuvo un 95% de sobrevivencia.

Finalmente, (Hartmann y Kester, 2011), afirman que la mayor capacidad de sobrevivencia, se generan utilizando estacas juveniles de la especie forestal que se usa. Del mismo modo señalan qué se observa mayor éxito en la supervivencia y formación de raíces con plantas forestales en contenedores y AIB especialmente a concentraciones mayores.

4.3. Efecto del AIB y sustratos en el porcentaje de callos (%)

En la tabla 16 se observa, que la aplicación de 18000 ppm de ácido indol-3-butírico (AIB) presentó el menor porcentaje de callos (31%), también que el sustrato fibra de coco presento la mayor callosidad (69%).

Así mismo la combinación de 8000 ppm de ácido indol-3-butírico (AIB) con el sustrato fibra de coco manifestó un 79.17 porcentaje de callos.

Tabla 16

Porcentajes de callos en estacas de Dipteryx ferrea

Sustratos	Dosis de AIB			Prom.
	8000ppm	12000ppm	18000ppm	
Jiffy	41.67	45.83	25	38
FC	79.17	70.83	58.33	69
CAC+G	4.17	0	4.17	3
CAC+A	33.33	41.67	37.5	38
Prom.	40	40	31	

En relación a los resultados obtenidos se afirma que el bajo porcentaje de callos indica un mayor porcentaje de raíces de las estacas observadas. Como (Dahua, 2018) que presento un menor porcentaje de callosidad (25%) a diferencia de un mayor % de enraizamiento (41.7%).

Tabla 17

Análisis de varianza del porcentaje de callos

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	p-valor
AIB	555.56	2	277.78	0.97	0.3936
Sustrato	20017.36	3	6672.45	23.29	<0.0001
AIB*Sustrato	972.22	6	162.04	0.57	0.7534
Error	6875	24	286.46		
Total	28420.14	35			

La tabla 17 indica que no existe interacción factorial entre sustrato y dosis, también se observa que no existe diferencias significativas en los porcentajes de callos obtenidos utilizando 3 dosificaciones de AIB. Sin embargo, si existe diferencias altamente significativas en el porcentaje de callos utilizando 4 tipos de sustratos.

4.4. Efecto del AIB y sustratos en el porcentaje de brotes (%)

Respecto al porcentaje brotes que se registró en el estudio, se observa en la tabla 18, con la aplicación AIB en 8000 y 12000ppm el mayor porcentaje de brotes en ambos casos (93%). Asimismo, con los sustratos Jiffy y fibra de coco un promedio de 92% para cada uno respectivamente.

Tabla 18

Porcentajes de brotes

Sustratos	**Dosis de AIB**			**Prom.**
	8000ppm	**12000ppm**	**18000ppm**	
Jiffy	95.83	91.67	87.5	92
FC	95.83	91.67	87.5	92
CAC+G	91.67	100	66.67	86
CAC+A	87.5	87.5	75	83
Prom.	93	93	79	

(Cornejo, 2018), señala que en estaquillas de Shihuahuaco *Dipteryx odorata* con la concentración de 6000 ppm de AIB, arrojó mayor brotación, por su parte (Dahua, 2018), presento un 66.7% de brotación en estacas apicales de Marupa con 12000ppm. Mientras que en este estudio se obtuvo mayor brotación con AIB de 12000 y 8000ppm, siendo esta la diferencia.

Cuando se observa alto porcentaje de brotación, también se nota alto porcentaje de enraizamiento. Esto se refleja en la combinación de AIB a 12000 ppm con el sustrato cascarilla de arroz carbonizada+ gallinaza descompuesta, que presentaron 95% de enraizamiento y 100% de brotación en estacas de *Dipteryx ferrea.*

Tabla 19

Análisis de varianza del porcentaje de brotes

Fuente de variación	**SC**	**Gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
AIB	1467.01	2	733.51	7.04	0.0039**
Sustrato	468.75	3	156.25	1.5	0.2399
AIB*Sustrato	859.37	6	143.23	1.38	0.2647
Error	2500	24	104.17		
Total	5295.14	35			

La tabla 19 del ANVA indica que no existe interacción factorial entre sustrato y dosis, también se observa que no existe diferencias significativas en los porcentajes de brotes utilizando 4 tipos de sustratos, sin embargo, si existe diferencias altamente significativas en el porcentaje de brotes utilizando 3 tipos de AIB.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- De acuerdo al objetivo general del estudio se concluye que la aplicación de AIB y sustratos tuvo efectos significativos en la propagación vegetativa de shihuahuaco (Dipteryx ferrea) en cámara de sub irrigación, obteniendo los mayores resultados a una concentración de 18000 ppm en combinación con el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza, con un 95.80% de enraizamiento, 72 promedio de numero de raíces emitidas y 100% sobrevivencia.

- Respecto al objetivo específico 1, la dosis de AIB que ha influido en el mayor porcentaje de enraizamiento en las estaquillas juveniles fue la de 18000 ppm, con 88%. Resultando con efecto significativo para la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea*.

- Respecto al objetivo específico 2, todos los sustratos presentaron un efecto significativo en relación al enraizamiento, sin embargo, el sustrato cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza a influenciado en un mayor porcentaje de enraizamiento (90.28 %), además de ser el sustrato más accesible con referencia a disponibilidad del material en la región y costo.

5.2. Recomendaciones

- Para obtener el 95.80% de enraizamiento en propagación vegetativa de la especie Shihuahuaco (Dipteryx ferrea) se recomienda utilizar como sustrato la cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza descompuesta por un año en proporción 1:1.

- Como estimulante del enraizamiento se recomienda el uso de ácido indol-3-butírico (AIB) a razón de 18000 ppm en combinación con el sustrato antes mencionado.

- Para complementar el protocolo se recomienda el uso de estacas juveniles procedentes de la parte apical de 5 a 7 cm de longitud desinfectadas en una solución de cupravit al 0.5%, puestos en tubetes de 180cc colocadas en cámara de sub irrigación herméticamente cerrada con polietileno cuyas características se muestran en la figura 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, C., Cardoso, P., Alves, E., Rengifo, C., Pérez, W., Rosello, E., . . . Jaymes, M. (2015). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacas en el enraizamiento de copoazú en cámaras de subirrigación. Ciencia Amazónica, 5(2), 104-109. https://doi.org/https://doi.org/10.22386/ca.v5i2.95

Abanto, C., García, D., Guerra, W., Murga, H., Saldaña, G., Vásquez, D., y & Tadashi, R. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.). Scientia Agropecuaria.

Aldana, D., García-Dávila., C., Hidalgo, C., Flores, G., Del Castillo, D., Reynel, C., . . . Honorio, E. (2016). Análisis morfométrico de las especies de Dipteryx en la Amazonía peruana. (Vol. 2). Pucallpa: Folia Amazónica.

Ansorena, M. (2016). Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid, España: Mundi-prensa.

Argueta, O. (2008). Tesis de Titulación. Evaluación de concentraciones de ácido indolbutírico en enraizamiento de acodos aéreos de Ficus elástica. Guatemala.: Universidad San Carlos de Guatemala.

Armenia. (Julio de 2001). Fenologia de especies forestales de la montaña del ocaso, Quimbaya, Q. Proyecto de investigación financiado por la Universidad del Quindío - Comité Central de Investigaciones y la Dirección General de Investigaciones. Colombia: Universidad del Quindio- Facultad de Educación - Programa De Biología.

Ayllón, J. (2018). Tesis. Efecto de diferentes concentraciones de ácido índol butírico en el enraizamiento de estaquillas juveniles de shihuahuaco (Dipteryx odorata Aublet) Willd en cámara de sub irrigación Pucallpa – Perú. Pucallpa, Perú: UNIA.

Azofeifa, J., Rojas, A., y Hine, A. (2009). Optimización del proceso de enraizamiento y aclimatización de vitroplantas de Swietenia macrophylla King (Orden: Meliacea). Tecnología en Marcha, 22 N.° 3, 34-41. https://hdl.handle.net/2238/4339

Badilla, B., y Murillo. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. Kurú: Rev. Forestal, 2(6), 1-6.

Basaure, P. (2008). Investigación. Cascarilla de arroz: consideraciones al compostar. www.manualdelombricultura.com.

Botti, C. (1999). Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En:Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. . Chile: Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

Caballero, D., y Toral, C. (2010). Boletín tecnico. Efecto de tamaño de semilla y tres tipos de sustratos en la germinación y desarrollo inicial de Pinus pseudostrobus var.(23), 35. Oaxacana, México D.F: SAG. INIF.

Calderón, F. (Noviembre de 2002). Investigación. La cascarilla de arroz "caolinizada.". Bogotá, Colombia: (en linea). http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm

Calzada, J. (1993). Frutales Nativos. Lima, Perú: UNALM.

Cenipalma, (. d. (2015). Compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia. Boletín Técnico, 31, 7. Bogotá, D. C, Colombia.: estado del arte y perspectivas de investigación.

Cercado, R. (2022). Tesis. evaluación de la emergencia y crecimiento de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.) en diferentes sustratos y recipientes en Ucayali, Perú. Chota, Perú: Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Chauhan, H., Bisht, A., Bhatt, I., y Bhatt, A. (2020). Protocolo para la propagación vegetativa de Trillium govanianum Wall ex D. Don. ELSEVIER, 16. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.JARMAP.2019.100233

Ciriello, E. (2010). Tesis de maestría. “Variabilidad genética de caracteres relacionados con el enraizamiento de esquejes de progenies y clones de guanandi (Calophyllum brasiliense Cambess)¨. Botucatu, Brasil: Universidade Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrícolas. https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99792/ciriello_e_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cordova, K. (2011). Tesis. Selección masal y el efecto de dos concentración de auxinas para el enraizamiento de estaquillas juveniles de Acrocarpus fraxinifolius Wight et. Arn (cedro rosado de la India) en cámara de sub - irrigación, Pucallpa – Perú. . Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Cornejo, V. (2018). Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Dahua, C. (2018). (Tesis). efecto del ácido-3-indolbutírico en la producción de clones de simarouba amara (marupa) aubl. y croton matourensis (aucatadijo) aubl. en Pucallpa, Perú. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Dahua, C. (2018). Tesis. Efecto del ácido-3-indolbutírico en la producción de clones de simarouba amara (marupa) aubl. croton matourensis (aucatadijo) aubl. en Pucallpa, Perú. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3591

Deere, J. (20 de marzo de 2018). Propagación vegetativa. Deere.com.mx: https://www.gimtrac.com.mx/index.php/node/1354

Diaz, E. (2011). Enraizamiento de estacas juveniles de Cedrela odorata l . Silvoenergía, 51.

Ducke. (1934). Género Coumarouma Aubl. y Taralea Aubl. Revista de Botánica Aplicada y Agricultura Colonial, 400-407.

Ducke, W. A. (1940). Tropical Woods. 8, 61. Tropicos.Org.

Flores, B. Y. (2020). Ecología, silvicultura y productividad de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.

Fragenello, L., Lopes, J., Malavasi, U., y Malavasi, M. (2015). Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. ex Steud., 25, 4, 863-871. Ciência Florestal.

Gárate, M. (2010). Trabajo monográfico Ing. Agr. Tecnicas de propagación por estacas. Ucayali, Péru: Universidad Nacional de Ucayali. http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1679.pdf

Gratieri et al. (2008). Propagación del corcho de los pantanos (Erythrina crista-galli L.) (Fabaceae) por el proceso de corte. Rev. Árbore 32.

Gutierrez, M. (2003). Tesis Mag. Sc,. Propagación del burío (Heliocarpus appendiculatus Turcz.) por semillas, estacas y acodos. . Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Hagiwara, J. C., y Damian, S. (2016). Propagacion Vegetativa por medio de Estacas del Tallo. Buenos Aires: INTA.

Hartmann, H. T., y Kester, D. E. (2011). Propagación de plantas: Principios y prácticas / Hudson T. Hartmann, Dale E. Kester ; traducido por Antonio Marino Ambrosio. México: CECSA.

Henríquez, E. (2004). Evaluación de tres factores de enraizamiento en estacas de morera (Morusalba). Chile: Universidad de Chile.

Hernández, J., y Cruz, A. (1993). Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza (No AV/0305). . Sistema Institucional de Investigaciones Agropecuarias. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. .

Honorio, E., Aldana, D., Flores, G., Hidalgo, G., Mejía, E., Del Castillo, D., . . . Degen, B. G.-D. (2018). Fichas de identificación de las especies de Dipteryx de la Amazonía peruana. . Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

IIAP. (2015). Estación meteorológica. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana .

ILCE. (2017). La Ciencia desde México. Cap II: La propagación vegetativa. México: Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. https://biblioteca.org.ar/libros-mexico/sep%20ciencia/sec_6-41.htm#:~:text=A%20DIFERENCIA%20de%20lo%20que,49)

Inga, H., Paredes, E., y Del Castillo, D. (2015). Enraizamiento de esquejes de copaiba (Copaifera officinalis) mediante el uso del ácido indul-3-butírico (AIB), en Jenaro Herrera, Loreto. Xilema, 28, 68-71.

Jiffy Group. (2021). Solutions. Jiffy pellets. Jiffy Sustainable Growing. https://jiffygroup.com/es/productos/jiffy-pellets/

Jorge, M. D. (2018). Propagación vegetativa mediante estacas apicales de Ceiba pentandra (L.) Gaertn. Revista Academia Journals Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación en Puebla, ISSN, 2644-0903., 32.

Leakey, Mesén, J., Tchoundjeu, Z., Longman, K., Dick, J. M., Newton, C., . . . Muthoka, P. (1990). Técnicas de baja tecnología para la propagación vegetativa de árboles tropicales. Revisión forestal de la Commonwealth.

Leakey, R., y Mesén, F. (1991). Métodos de Propagación Vegetativa en Árboles Tropicales. Métodos de Propagación en Árboles Tropicales: Enraizamiento de Estacas Suculentas. Turrialba, CR, s.e. p. .

Loach, K. (1988). Controlar las condiciones ambientales para mejorar el enraizamiento adventicio. En raíz adventicia; formación en esquejes. . (T. H. Davis, Ed.) Portland, Oregon. : Prensa Dioscórides.

Longman, K. (1993). Rooting cutting of tropical trees. Commonwealth Science.

Manihuari, A. (2022). Tesis. Influencia de sustratos, dosis de ácido indolbutírico (aib) en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plantones de copaifera paupera (Herzog) Dwyer (copaiba) en túneles de subirrigación. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Medina et al. (2012). Efecto del ácido indulbutírico (AIB) y dos sustratos diferentes en la propagación vegetativa de la bolaina negra (Guazuma ulmifolia Lam.). (UNALM, Ed.) Xilema, 25.

Mermao, T. (2012). (Tesis). Influencia de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y sustratos en el enraizamiento de estacas juveniles de Myroxylon balsamun Harms. Estoraque en propagadores de sub - irrigación – Pucallpa. . Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Mesén. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales:uso de propagadores de sub-irrigación. Costa Rica: CATIE.

Mesen. (2008). Informe de Capacitación Técnica sobre Propagación Vegetativa al Proyecto PROVEFOR. . Pucallpa: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) ,Fondo para la Innovación Ciencia y tecnología (FINCyT).,.

Millán & Márquez. (2014). Tesis (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Propagación por estaca de las especies nativas dipteryx panamensis y peltogyne pubescens usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso del propagador de sub-irrigación. Manizales, Colombia: Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/1944/Marquez_Julian_Alberto_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales, R. E. (2016). Tesis. Propagación vegetativa de copaiba (Copaifera paupera (HERZOG) DWYE) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de subirrigación, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú. . Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Muñoz, Z. (2007). Tesis Ing. Forestal. Comparación de sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill). Chile: Universidad Austral de Chile.

Muñoz, Z. (2007). Tesis Ing. Forestal. Comparación de sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill). Chile, Valdivia: Universidad Austral de chile.

Murillo, G., Badilla, V., Villalobos, A., y Rojas, P. (2013). Informe final de Proyecto de investigación. Optimización de la tecnología de propagación vegetativa in vivo y plantación de teca y pilón. Instituto Tecnológico de Costa Rica Vicerrectoría de Investigación y extensión. Escuela de ingeniería forestal.

Murillo, T. (1996). Manejo de residuos en la industria avícola. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10:8-12 Julio: 1996: San José). Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. Costa Rica: EUNED, EUNA, Floria Bertsch.

Murrieta, C. (2012). Tesis. Influencia del morfotipo, fitohormona y sustrato en la propagación de estacas juveniles de Cedrela Odorata L. (cedro colorado) en Pucallpa – Perú. . Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Obermüller, F., Daly, C., Oliveira, E., Souza, E., de Oliveira, H., Souza, L., y Silveira, M. (2011). Guia ilustrado e manual de arquitetura foliar para espécies madeireiras da Amazônia Ocidental. Brasil: G. K. Noronha.

OSINFOR. (2023). osinfor.gob.pe - Glosario de términos. Organismo de Supervición de los Recursos Forestales y de Fauna silvestre: https://www.osinfor.gob.pe/concesiones-forestales/glosario-de-terminos/#:~:text=%C3%81rbol%20semillero.,de%20Manejo%20de%20Fauna%20Silvestre.

Osuna et al. (enero de 2016). Manual de propagación. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf

Palencia, G. (2000). Propagación del árbol de cacao. . En M. L, y O. c. Argüello, Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. (pp. (p. 65-72, Trad.)). Bucaramanga,: CO: comps. CORPOICA.

Patrón, I. (2010). Sustratos organicos: elaboracion, manejo y principales usos. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México: : Universidad Autónoma de Chapingo.

Quiñones, A. (2017). Producción de biogás para el desarrollo sustentable: experiencias en municipios cubanos. Congreso Universidad, 6(6).

Quispe, M. E. (2013). Propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis besseri Hieron) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el vivero de la comunidad de Huancané. . Universidad Mayor de San Andres.

Rioja, D. (2022). Tesis. “Efectos del sustrato no convencional y tubete en la biometría de plantones de Dipteryx sp (shihuahuaco)” . Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Rollo, A. (2009). (Tesis Mg.). Métodos de propagación vegetativa de especies agroforestales útiles en la Amazonía peruana., 50. Praga, Carolina del Sur, República Checa: Universidad Checa de Ciencias de la Vida de Praga.

Romo, M., Vasquez, R., Nun, E., y Vargas, P. (Mayo de 2022). Ficha de especie clasificada:. Evaluación de la amenaza de Dipteryx ferrea. Forest Trends.

Ruano, J. (. (2003). Viveros forestales.Manual de cultivos y proyectos. Mundi- Prensa.

Ruiz, H., y Mesén, F. (2010). Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de sacha inchi (Piukenetia volubilis L.). Agronomía Costarricense, 34(2)(ISSN:0377-9424 / 2010), 259-267. https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n2/a11v34n2.pdf

Saboya, G. (2010). Tesis Ing. Forestal. Análisis técnico y económico en la producción de la cascarilla de arroz carbonizada como sustrato para la propagación vegetativa de estacas juveniles de Swietenia macrophylla en cámara de sub-irrigación. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Salcedo, P. B. (2009). Tesis-Pre grado. Efecto del ácido indol-acetico (AIA) en el enraizamiento de estacas juveniles de ¨Capirona¨ Calycophyllum spruceanum (Benth) Hook F. Ex., instalado en cámara de sub-irrigación. Tingo Maria: UNAS.

Sánchez, J., Trigo, M., y López, A. (2010). Glosario de términos utilizados en los textos. En J. Sánchez, Flora Ornamental Española- Las plantas cultivadas en la España peninsular e insular. España: Asociación española de parques y jardines públicos.

Santos, R. S., Albuquerque, d., y de Silva, K. (2016). Tipo de estaca y sustrato en la propagación vegetativa de Lippia gracilis Schauer. Scielo- Arquivos do Instituto Biologico, 83, 1-4. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1808-1657000012014

Sisaro, D. y. (2016). Propagacion vegetativa por medio de estacas de tallo . Buenos Aires : INTA.

Tang, H. (2014). Tesis. Efecto de dos tipos de sustrato y cuatro dosis de ácido indolbutirico en el enraizamiento de estacas juveniles de Tabebuiaserratifolia (Vahl) en propagadores de sub-irrigación, en Pucallpa - Ucayali, Perú. . Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Torres, A. (2003). Relação entre sazonalidade desrama e carboidratos no crescimento do Eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, BR. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Brasil: Universidade de São Paulo.

Torres, A. (2003). Dissertação Mestrado. Relação entre sazonalidade desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. Piracicaba, SP., Brasil: Universidade de São Pau Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Vallejos, T. G., Toledo, L., y Arévalo, L. (2014). Enraizamiento de brotes de capirona Calycophyllum spruceanum (Benth.) Hook. f. ex Schum., en la Amazonía Peruana. (R. F. Mesoamericana, Ed.) Kurú, 11(27), 55-59. https://doi.org/https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i27.1778

Valverde, Y. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. KURU, 6.

Vásquez, A. (2011). Tesis de grado. Propagación vegetativa de Swietenia macrophylla (caoba) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de sub-irrigación, en Pucallpa-Perú. (U. N. Peruana, Ed.) Iquitos, Perú. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2985

Vázquez, C. O. (1997). La reproducción de las plantas: semillas y meristemos., 127. México: ILCE. La reproduccion de las plantas: Semillas y meristemos.

Villegas et al. (2018). Efecto de diferentes concentraciones de acido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de dipteryx micrantha harms (shihuahuaco) en cámara de sub. Repositorio de revistas de la Universidad Privada de Pucallpa, 2(02). https://revistas.upp.edu.pe/index.php/RICCVA/article/view/59

Zavaleta, D. (2019). Tesis. Efecto de diferentes tratamientos en la capacidad de enraizamiento de estaquillas juveniles de Dipteryx odorata. Lima, Perú: Universidad Agraria la Molina.

Zobel, B. y J. Talbert. (1988). Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. (Vol. 1a). México.: Limusa.

ANEXOS

ANEXO 1.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO/DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA
Problema general: ¿Cuál es el efecto del AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación?	**Objetivo general:** Determinar el efecto de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.	**Hipótesis general:** El AIB y sustratos ejercen un efecto positivo en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.	**Independientes:** a) Efecto del tipo de sustrato b) Efecto de las concentraciones de AIB **Dependientes:** - Enraizamiento (%) - Sobrevivencia (%) - Callosidad (%) - Brotación (%)	- Dosis de AIB - Tipos de sustrato	Porcentaje de enraizamiento (Estacas propagadas por tratamiento)	**Tipo:** Aplicativo, enfoque cuantitativo y nivel experimental. **Diseño:** Arreglo factorial 4AX3B adaptado al DCA.	**Población**: Todas las estacas juveniles de la especie shihuahuaco *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke del vivero forestal del IIAP. **Muestra:** Las 288 estacas juveniles de la especie shihuahuaco *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke establecidas en la cámara de sub irrigación.
Problemas Específicos: a) ¿Cuál es el efecto del AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación?	**Objetivos Específicos:** a) Determinar el efecto de AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación	**Hipótesis Específicas:** a) El AIB a 12000ppm ejerce efecto positivo en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.	Efecto de la dosis de AIB en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación	- 8000 ppm(Testigo) - 12000 ppm - 18000 ppm	- Numero de estacas enraizadas - Numero de raíces - Longitud de raíces (cm) - Numero de brotes - Numero de callos		
b) ¿Cuál es el efecto del sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco?	b) Determinar el efecto de sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.	b) La fibra de coco ejerce efecto positivo en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación.	Efecto del sustrato en la propagación vegetativa de shihuahuaco en cámara de sub irrigación	- Jiffy - Fibra de coc - Cascarilla de arroz carbonizada + gallinaza descompuesta - Cascarilla de arroz carbonizada+ aserrín descompuesto.			

ANEXO 2.

TABLA RESUMEN POR TRATAMIENTOS Y REPETICIONES

Tratamiento	AIB	Sustrato	Repetición	%_enraizamiento	%_callos	%_brotes	%_sobrevivencia
T1	8000	Jiffy	I	75.0	37.5	87.5	87.5
T1	8000	Jiffy	II	87.5	62.5	100.0	100.0
T1	8000	Jiffy	III	75.0	25.0	100.0	100.0
T2	12000	Jiffy	I	75.0	37.5	100.0	100.0
T2	12000	Jiffy	II	75.0	37.5	87.5	100.0
T2	12000	Jiffy	III	87.5	62.5	87.5	100.0
T3	18000	Jiffy	I	75.0	37.5	75.0	100.0
T3	18000	Jiffy	II	75.0	25.0	87.5	87.5
T3	18000	Jiffy	III	100.0	12.5	100.0	100.0
T4	8000	FC	I	62.5	87.5	100.0	100.0
T4	8000	FC	II	75.0	75.0	100.0	100.0
T4	8000	FC	III	37.5	75.0	87.5	100.0
T5	12000	FC	I	75.0	87.5	100.0	100.0
T5	12000	FC	II	37.5	75.0	87.5	100.0
T5	12000	FC	III	25.0	50.0	87.5	87.5
T6	18000	FC	I	87.5	50.0	87.5	100.0
T6	18000	FC	II	87.5	62.5	87.5	100.0
T6	18000	FC	III	75.0	62.5	87.5	100.0
T7	8000	CAC+G	I	100.0	12.5	87.5	100.0
T7	8000	CAC+G	II	62.5	0.0	87.5	100.0
T7	8000	CAC+G	III	87.5	0.0	100.0	100.0
T8	12000	CAC+G	I	87.5	0.0	100.0	100.0
T8	12000	CAC+G	II	100.0	0.0	100.0	100.0
T8	12000	CAC+G	III	87.5	0.0	100.0	100.0
T9	18000	CAC+G	I	87.5	0.0	62.5	100.0
T9	18000	CAC+G	II	100.0	0.0	75.0	100.0
T9	18000	CAC+G	III	100.0	12.5	62.5	100.0
T10	8000	CAC+A	I	75.0	62.5	75.0	100.0
T10	8000	CAC+A	II	100.0	25.0	87.5	100.0
T10	8000	CAC+A	III	87.5	12.5	100.0	100.0
T11	12000	CAC+A	I	100.0	62.5	87.5	100.0
T11	12000	CAC+A	II	87.5	25.0	100.0	100.0
T11	12000	CAC+A	III	50.0	37.5	75.0	87.5
T12	18000	CAC+A	I	75.0	62.5	100.0	100.0
T12	18000	CAC+A	II	100.0	0.0	62.5	100.0
T12	18000	CAC+A	III	87.5	50.0	62.5	100.0

ANEXO 3.

TABLA RESUMEN DE PROMEDIOS SEGÚN TRATAMIENTO

Tratamiento (T)	AIB	Sustrato	% Enraizamiento	Longitud de raíz	% callos	% brotes	% Sobrevivencia	Lg. de raíz más larga	N° raíces emitidas
T1	8000	Jiffy	79.20%	8.45	41.67	95.83	95.83	16	32
T2	12000	Jiffy	79.20%	7.9	45.83	91.67	100	20.3	39
T3	18000	Jiffy	83.30%	10.07	25	87.5	95.83	15	33
T4	8000	FC	58.30%	4.3	79.17	95.83	100	12.6	23
T5	12000	FC	45.80%	4.3	70.83	91.67	95.83	19.8	19
T6	18000	FC	83.30%	6.55	58.33	87.5	100	15	37
T7	8000	CAC+G	83.30%	5.6	4.17	91.67	100	17	59
T8	12000	CAC+G	91.70%	6.4	0	100	100	15	59
T9	18000	CAC+G	95.80%	6.95	4.17	66.67	100	15.5	72
T10	8000	CAC+A	87.50%	9.29	33.33	87.5	100	18.5	40
T11	12000	CAC+A	79.20%	7.34	41.67	87.5	95.83	15	42
T12	18000	CAC+A	87.50%	7.67	37.5	75	100	15	38

ANEXO 4.

FORMATO DE EVALUACIÓN DE ESTACAS

FECHA: 15-03-2023						HORA: 7am		EVALUADORES	Mari Carmen, Hugo y Rony														
EVALUACION SOBRE PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE SHIHUAHUACO (*Dipteryx ferrea*)																							
SUSTRATO	AIB	BLOQUE / REPETICIÓN	ESTAQUILLA (N°)	LONGITUD ESTAQUILLA (cm)	N° CALLOS (N°)	N° BROTES (N°)	N° HOJAS NUEVAS (N°)	N° RAICES (N°)	LONGITUD PROMEDIO DE RAICES EMITIDAS (cm)												VIGOR			
									1.0	2.0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	BUENO	REGULAR	MALO	MUERTO
			1	5	0	0	0	0	0.0															X
			2	4	1	1	4	1	11.0												X			
			3	6	0	1	6	3	12.0	13.0	9										X			
Jiffy	8000	T1	4	7	2	1	6	1	13.0												X			
			5	6	1	1	8	1	12.0												X			
			6	6	0	1	6	1	16.0												X			
			7	7	0	1	0	2	1.0	1.5											X			
			8	6	0	1	0	0	0.0												X			
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
			25	5	0	1	0	4	0.5	0.6	1.5	3.2									X			
			26	5	0	0	0	0													X			
			27	6	0	0	0	2	10.0	13.0											X			
CAC+G	18000	T9	28	6	0	1	0	4	1.2	2.0	5	4.5									X			
			29	6	0	1	4	3	3.5	11.0	10.7										X			
			30	7	0	1	8	3	4.1	4.2	10										X			
			31	6	0	0	0	2	12.0	15.5											X			
			32	9	0	1	0	5	1.0	10.0	2.5	14.5	13								X			
			33	6	0	1	7	2	5.5	10.0											X			
			34	6	0	1	8	5	4.5	9.0	3.5	6	6.5								X			
			35	7.5	0	1	6	6	1.0	6.5	15	10	5	1.2							X			
CAC+G	12000	T8	36	6.5	0	1	13	3	12.5	11.0	6										X			
			37	6.5	0	1	4	2	13.0	13.0											X			
			38	7	0	1	0	1	1.0												X			
			39	6	0	1	0	0													X			
			40	7	0	1	3	2	4.5	12.5											X			
			65	6	5	1	0	0													X			
			66	6	1	1	4	2	1.5	3.0											X			
			67	5.5	0	1	0	3	12.0	6.0	11.5										X			
			68	6	0	0	0	1	15.0												X			
FC	18000	T6	69	5	3	1	5	2	2.5	11.0											X			
			70	6	0	1	4	2	8.8	10.0											X			
			71	6	0	1	0	3	9.5	9.3	12										X			
			72	6	4	1	0	1	0.3												X			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
			73	6	0	1	0	3	11.0	13.0	13.7										X			
			74	6	5	1	0	0													X			
			75	6	4	1	0	1	6.0												X			
CAC+A	18000	T12	76	6	2	1	0	1	6.5												X			
			77	7	8	1	0	0													X			
			78	6	2	1	0	1	0.3												X			
			79	7	0	1	0	1	12.0												X			
			80	5.5	0	1	0	2	7.8	12.5											X			

ANEXO 5.

FORMATO DE EVALUACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

FECHA DE INSTALACION: 30/01/2023		LUGAR: IIAP	TESISTA: MARI CARMEN FERNANDEZ ANGULO

REGISTRO METEREOLOGICO

FECHA	HORA	EXTERIOR DEL PROPAGADOR						INTERIOR DEL PROPAGADOR						LUX
		TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA			TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA			
		MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	
30/01/2023	08:00	7.9	21.1	34.8	10	65	70	7.9	23.1	34.8	10	64	70	698
	12:00	7.9	27.5	34.8	10	58	70	7.9	27.9	34.8	10	55	70	646
	03:00	7.9	26.3	34.8	10	66	70	7.9	28.2	34.8	10	63	70	670
1/02/2023	08:00	7.9	24.5	34.8	10	64	70	7.9	27.1	34.8	10	63	70	673
	12:00	7.9	22.3	34.8	10	61	70	7.9	23.1	34.8	10	62	70	1830
	03:00	7.9	27.8	34.8	10	54	70	7.9	28.1	34.8	10	60	70	1103
2/02/2023	08:00	7.9	27.4	34.8	10	66	70	7.9	27.1	34.8	10	63	70	555
	12:00	7.9	27.6	34.8	10	61	70	7.9	28.1	34.8	10	62	70	1700
	03:00	7.9	29.8	34.8	10	50	70	7.9	30.4	34.8	10	55	70	2160
3/02/2023	08:00	7.9	27.5	34.8	10	51	70	7.9	28.3	34.8	10	55	70	1200
	12:00	7.9	30.8	34.8	10	43	70	7.9	31.1	34.8	10	52	70	3450
	03:00	7.9	30.9	34.8	10	44	70	7.9	31.1	34.8	10	52	70	2790
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
27/02/2023	08:00	7.9	27.9	48.3	10	63	68	7.9	28	48.3	10	61	68	2490
	12:00	7.9	30.1	48.3	10	45	68	7.9	30.5	48.3	10	50	68	6150
	03:00	7.9	30.1	48.3	10	46	68	7.9	30.4	48.3	10	50	68	6300
28/02/2023	08:00	7.9	27.4	48.3	10	56	68	7.9	27.6	48.3	10	56	68	2450
	12:00	7.9	28.6	48.3	10	55	68	7.9	26.4	48.3	10	55	68	6140
	03:00	7.9	27.1	48.3	10	48	68	7.9	25.2	48.3	10	53	68	2500
1/03/2023	08:00	7.9	26.9	48.3	10	62	68	7.9	27.4	48.3	10	62	68	3190
	12:00	7.9	29.1	48.3	10	54	68	7.9	22.1	48.3	10	57	68	2160
	03:00	7.9	26.0	48.3	10	59	68	7.9	27.2	48.3	10	60	68	6280
2/03/2023	08:00	7.9	27.1	48.3	10	57	68	7.9	27.3	48.3	10	58	68	2340
	12:00	7.9	30.0	48.3	10	54	68	7.9	29.1	48.3	10	56	68	5400
	03:00	7.9	29.3	48.3	10	58	68	7.9	27.4	48.3	10	60	68	2470
3/03/2023	08:00	25.6	27.6	32.8	10	60	68	25.6	28.1	32.8	10	61	68	2700
	12:00	25.6	31.9	32.8	10	39	68	25.6	30.9	32.8	10	44	68	2840
	03:00	25.6	30.1	32.8	10	40	68	25.6	32.4	32.8	10	46	68	3170
4/03/2023	08:00	25.6	30.8	35.9	10	42	68	25.6	33.6	35.9	10	46	68	1827
	12:00	25.6	34.9	35.9	10	50	68	25.6	30.9	35.9	10	53	68	1320
	03:00	25.6	30.4	35.9	10	54	68	25.6	29.3	35.9	10	56	68	772
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14/03/2023	08:00	24.6	25.9	37.3	10	46	68	25.9	24.6	37.3	10	60	68	161.7
	12:00	24.6	29.7	37.6	10	49	70	25.7	24.5	37.3	10	54	69	167.2
	03:00	24.6	29.8	37.5	10	50	68	25.8	24.7	37.3	10	56	68	176.1
15/03/2023	08:00	24.6	26.6	37.5	10	57	68	24.6	27.1	37.3	10	58	68	3470
	12:00	24.6	32.1	38.9	10	34	80	24.6	33.4	38.9	10	53	68	2546
	03:00	24.6	33.1	38.9	10	36	80	24.6	33.6	38.9	10	56	68	1580
Promedios		**13**	**29**	**43**	**10**	**50**	**68**	**13**	**29**	**43**	**10**	**55**	**68**	**2343**

ANEXO 6.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS SUSTRATOS

Cod	Muestras	pH	C.E dS/m	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Densidad g/cc	Relación C/N	Max. Reten. humedad %
a1	Jiffy Pellet® (1)	5	0.4	94								0.15		52
a2	Fibra de coco (1)	6	0.63	93.9	1	0.2	0.6	1.4	0.2					
a3	Cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza (1:1)	6	4.54	18.8	1	2.38	0.9	3.6	0.74	47	0	0.28	9.64	62.42
a4	Cascarilla de arroz carbonizada+ compost de aserrín (1:1)	5	0.62	32.7	1	0.24	0.4	0.5	0.21	6.9	0	0.19	24.19	60.04

ANEXO 7.

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Figura 1A. Carbonización de la cascarilla de arroz.



Figura 2A. Preparación de los sustratos fibra de coco y jiffy.



Figura 3A. Separación de impurezas.



Figura 4A. Método vapor de agua.



Figura 5A. Preparación de las dosis de AIB.



Figura 6A. Plantas juveniles de *Dipteryx ferrea* (Huerto clonal).



Figura 7A. Corte de las estacas.



Figura 8A. Aplicación de AIB y distribución de las estacas en tubetes.



Figura 9A. Llenado de sustratos en tubetes según tratamiento.



Figura 10A. Establecimiento de bandejas dentro de la cámara de sub irrigación.



Figura 11A. Evaluación de datos meteorológicos.



Figura 12A. Riego a las estacas.



Figura 13A. Evaluación de las estacas y registro de datos.



Figura 14A. Estacas enraizadas transcurrido los 40 días del experimento.