

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL  
TRABAJO DE GRADUACIÓN



**Evaluación de Métodos de Propagación de  
*Conocarpus erectus* L., *Combretaceae* (Mangle Botoncillo).**

Por:

Yerlyn María Sucely Mus Ixbalán

Carné: 201641012

DPI: 2783 34601 1013

musyerlyn@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL  
TRABAJO DE GRADUACIÓN



**Evaluación de Métodos de Propagación de  
*Conocarpus erectus* L., *Combretaceae* (Mangle Botoncillo).**

Estudiante  
T.P.A. Yerlyn María Sucely Mus Ixbalán  
Carné: 201641012

Supervisor-Asesor  
Ing. Agr. Francisco Javier Espinoza Marroquín

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre 2024.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Licda. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

### **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS:**

Dedico este trabajo a Dios por ser fuente de sabiduría y fortaleza en mi vida. Su amor y guía han sido fundamentales para concluir este proceso académico.

### **MI MADRE:**

Por ser un ejemplo constante de dedicación y fortaleza. Por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, palabras de aliento y por los cafés que acompañaron mis desvelos.

### **MI PADRE:**

Por su constante apoyo incondicional, amor y sabios consejos llenos de cariño, que han sido una fuente de fortaleza en este camino.

### **MI HERMANO:**

Por ser mi compañía en las noches de desvelo y brindarme ánimo cuando lo necesitaba. Tu presencia fue un alivio y apoyo invaluable, Te quiero hermanito.

### **MIS TIOS**

A mis tías Olga, Candelaria, Concepción y tío Leónidas, por el cariño y apoyo incondicional.

### **MIS ABUELOS:**

Se que desde el cielo observan con felicidad que cumplí lo que un día como un sueño les conté, los extraño.

### **MIS AMIGOS:**

Amner, Elder, Joel, Juan, Judith, Nelson Roberto, Keyla y Nataly por el cariño, comprensión y hacer este proceso más llevadero, los llevo en el corazón.

### **FAMILIA EN GENERAL Y AMIGOS:**

En especial a Jerónimo Méndez por su apoyo y fuente de inspiración, su compañía fue clave en este proceso, Manuel de Jesús, Marleny, Carla Guzmán, Pedro Mesías, Pastor Isidro y Lilian Ujpán por alentarme y elevar sus oraciones para continuar mis estudios.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Centro Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, expreso mi profunda gratitud a mi Alma Mater por brindarme la oportunidad de crecer académica y personalmente, llevo en mi corazón las tardes de risas en los pasillos y las valiosas lecciones aprendidas en las aulas.

**Claustro de la carrera de Agronomía Tropical**, agradecimiento total a mis queridos docentes que con paciencia y compromiso me instruyeron académicamente y me impulsaron a dar lo mejor de mí a través de sus consejos y orientación.

**Ing. Agr. Héctor Posadas**, por enseñarme desde el primer semestre que la carrera puede presentar desafíos, pero que es posible superarlos con determinación y disciplina.

**Ing. Agr. Rubén Sosof**, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de toda mi formación académica.

**Dr. Martín Sánchez**, por la orientación con sus conocimientos biotecnológicos brindados incluso fuera de horarios y días laborales, durante el ejercicio profesional supervisado.

**Dr. Mynor Otzoy**, por su tiempo, orientación y dedicación en la revisión de mi trabajo de graduación. Sus consejos y su compromiso en la transmisión de conocimientos dentro de las aulas de agronomía han sido fundamentales para mi crecimiento y desarrollo personal y académico.

**Ing. Agr. Francisco Espinoza**, por el apoyo, asesoramiento y seguimiento brindado durante el ejercicio profesional supervisado.

**Ing. Agr. Lucrecia Vela**, por sus sabios consejos, apoyo, cariño y enseñarme que las mujeres podemos superar cualquier desafío.

**Instituto Nacional de Bosques Sub Región Retalhuleu**, Ing. Vela, Ing. Méndez, Ing. Mariano, Ing. Castro, Ing. Granados, Licda. Zulmita y don Carlitos, por el cariño y apoyo en todo momento cada uno con sus conocimientos en el área forestal.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Objetivos generales .....</b>	<b>3</b>
2.1. General.....	3
2.2. Específicos .....	3
<b>III. Descripción general de la unidad de práctica .....</b>	<b>4</b>
3.1. Nombre de la institución .....	4
3.2. Localización áreas de trabajo .....	4
3.3. Tipo de institución .....	5
3.4. Objetivos de la institución .....	5
3.4.1. General .....	5
3.4.2. Objetivo Estratégico 1 (Ambiental).....	5
3.4.3. Objetivo Estratégico 2 (Económico).....	5
3.5. Horario de funcionamiento.....	5
3.6. Planificación a corto plazo, mediano y largo plazo .....	6
3.6.1. Planificación a corto plazo .....	6
3.6.2. Planificación a mediano plazo .....	6
3.6.3. Planificación a largo plazo .....	6
3.7. Zonas de vida y clima del Humedal Manchón Guamuchal .....	6
3.7.1. Clima.....	6
3.7.2. Suelo.....	6
3.7.3. Hidrología .....	7
3.7.4. Precipitación pluvial anual en mm.....	7
3.8. Área geográfica de concentración de investigaciones.....	8

3.8.1. Instituto Nacional de Bosques Región IX-3, Retalhuleu, Retalhuleu...	8
3.9. Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu, Retalhuleu.....	9
3.10. Finca Brisas del Mar, Champerico, Retalhuleu. ....	10
<b>IV. Evaluación de métodos de propagación de la especie de mangle</b>	
<b><i>Conocarpus erectus</i> L., (mangle botoncillo) .....</b>	<b>11</b>
4.1. Evaluación de métodos de escarificación de semillas y tipos de sombra sobre la germinación de <i>C. erectus</i> L. ....	11
4.1.1. Definición del problema. ....	11
4.1.2. Justificación .....	11
4.1.3. Marco teórico .....	12
4.1.4. Objetivos específicos. ....	13
4.1.5. Hipótesis .....	13
4.1.6. Metodología de la investigación métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie <i>Conocarpus erectus</i> L. ....	14
4.1.7. Presentación y discusión de resultados de métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie <i>Conocarpus</i> <i>erectus</i> L.....	22
4.1.8. Conclusiones específicas.....	27
4.1.9. Recomendaciones .....	27
4.2. Evaluación de la propagación de <i>Conocarpus erectus</i> L., por micro estacas con el método cámara húmeda. ....	28
4.2.1. Definición del problema. ....	28
4.2.2. Justificación .....	28
4.2.3. Marco teórico .....	29
4.2.4. Objetivos específicos .....	31
4.2.5. Hipótesis .....	31

4.2.6. Metodología de la investigación de propagación de <i>Conocarpus erectus</i> L., por micro estacas con el método cámara húmeda.....	32
4.2.7. Presentación y discusión de resultados de la investigación de propagación de micro estacas con el método cámara húmeda. ....	44
4.2.8. Conclusiones específicas.....	50
4.2.9. Recomendaciones .....	50
4.3. Evaluación de la propagación de <i>C. erectus</i> L., por medio de esquejes en tres sustratos, en condiciones climáticas de Finca Cataluña, El Manchón Guamuchal.....	51
4.3.1. Definición del problema .....	51
4.3.2. Justificación .....	51
4.3.3. Marco teórico .....	52
4.3.4. Objetivos específicos .....	54
4.3.5. Hipótesis .....	55
4.3.6. Metodología de la investigación de propagación de estacas de <i>C. erectus</i> L. en tres sustratos, en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu. ....	55
4.3.7. Presentación y discusión de resultados de la investigación propagación por estacas en condiciones climáticas de Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	63
4.3.8. Conclusiones específicas.....	71
4.3.9. Recomendaciones .....	71
4.4. Evaluación de la propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar. ....	72
4.4.1. Definición del problema. ....	72
4.4.2. Justificación .....	72
4.4.3. Marco teórico .....	73

4.4.4. Marco referencial de la investigación de propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar. ....	74
4.4.5. Objetivos específicos .....	75
4.4.6. Hipótesis .....	75
4.4.7. Metodología de la investigación de propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar. ....	75
4.4.8. Presentación y discusión de resultados de sustratos y fitohormonas evaluados en acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L. ....	82
4.4.9. Conclusiones específicas .....	86
4.4.10. Recomendaciones.....	86
<b>V. Conclusiones generales.....</b>	<b>87</b>
<b>VI. Recomendaciones generales.....</b>	<b>88</b>
<b>VII. Referencias.....</b>	<b>89</b>
<b>VIII. Anexos .....</b>	<b>93</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página.
1. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie <i>Conocarpus erectus</i> L.....	20
2. Croquis de aleatorización de los tratamientos de la investigación métodos de escarificación y tipos de sombra, ubicado en INAB IX-3, Retalhuleu, Retalhuleu.....	21
3. Análisis de varianza porcentaje de germinación de semillas de <i>C. erectus</i> L. ...	23
4. Prueba múltiple de medias de Tukey (5%) de métodos de escarificación de semillas de <i>C. erectus</i> L. (factor A). .....	24
5. Prueba de medias de Tukey (5%) de tipos de sombra (factor B) .....	24
6. Cuadro resumen de porcentaje de germinación de <i>C. erectus</i> L., con métodos de escarificación y tipos de sombra.....	25
7. Cuadro resumen de métodos de escarificación y tipos de sombra .....	26
8. Diámetros y longitud de micro estacas para la propagación por micro estacas de la especie <i>C. erectus</i> L. ....	35
9. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación propagación de micro estacas en cámara húmeda.....	42
10. Croquis de aleatorización de la investigación de propagación de micro estacas de <i>C. erectus</i> L., en cámara húmeda.....	42
11. Análisis de varianza Para la producción de volumen de raíces de estacas de <i>C. erectus</i> L., en cámara húmeda.....	46
12. Prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia para el factor sustratos de la investigación propagación de <i>Conocarpus erectus</i> L., por micro estacas con el método cámara húmeda.....	46
13. Andeva Porcentaje de esquejes enraizados de <i>C. erectus</i> L., con el método de cámara húmeda. ....	47
14. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, del factor A (sustratos), de la propagación de <i>C. erectus</i> L., por micro estacas con el método cámara húmeda. ....	48

15. Cuadro resumen porcentaje de enraizamiento y volumen de estacas de <i>C. erectus</i> L., con el método de cámara húmeda. ....	50
16. Rangos de salinidad en milisiemens .....	53
17. Diámetros y longitud de material vegetal para la propagación por estacas de la especie <i>C. erectus</i> L., en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	57
18. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación de propagación de estacas de <i>C. erectus</i> L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu. ....	61
19. Croquis de aleatorización de los tratamientos de la investigación propagación por estacas de <i>C. erectus</i> L., en condiciones climáticas de Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	62
20. Cuadro de análisis de la varianza volumen de raíz de estacas de la especie <i>C. erectus</i> L., de la investigación establecida en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	66
21. Prueba de medias de Tukey (5%) de los sustratos (factor A), de la investigación de propagación de estacas de <i>C. erectus</i> L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	66
22. Análisis de varianza de porcentaje de estacas de <i>C. erectus</i> L., enraizadas, de la investigación establecida en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	68
23. Prueba de medias de Tukey (5%) de los sustratos evaluados (factor A), de la investigación de propagación de estacas de <i>C. erectus</i> L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.....	69
24. Cuadro resumen porcentaje de enraizamiento y volumen de estacas de <i>C. erectus</i> L., de la investigación establecida en Finca Cataluña, Retalhuleu.....	70
25. Tratamientos a utilizarse en el diseño experimental de la investigación de propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.....	81
26. Análisis de la varianza volumen de raíz en acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L.....	83

27. Prueba de medias de Tukey al 5% del factor A (sustratos), de la investigación propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L., en dos sustratos.....	83
28. Prueba de medias de Tukey (5%) del factor B (gramos de ácido indol butírico por litro), de la investigación propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L.....	84
29. Análisis de varianza de porcentaje de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L., enraizados. ....	85
30. Prueba múltiple de medias de Tukey (5%) de factor A (Sustrato), de la investigación propagación de acodos aéreos de <i>C. erectus</i> L., en dos sustratos. ....	85
31. Cuadro resumen de los tratamientos evaluados en volumen y porcentaje de acodos enraizados de <i>C. erectus</i> L. ....	86

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página.</b>
1. Áreas de trabajo en el departamento de Retalhuleu. ....	4
2. Ubicación de la oficina Subregional IX-3 INAB Retalhuleu, Retalhuleu. ....	8
3. Mapa del área de establecimiento de la investigación en el ..... casco de finca Cataluña. ....	9
4. Ubicación de acodos aéreos en Finca Brisas del Mar.....	10
5. Colecta de semilla de <i>C. erectus</i> L.....	15
6. Establecimiento de investigación .....	16
7. Conteo de 1000 semillas para cada tratamiento .....	17
8. Escarificación de semilla <i>C. erectus</i> L.....	18
9. Grafica porcentual de germinación de semillas de la especie <i>C. erectus</i> L. durante la evaluación de escarificación y sombra. ....	22
10. Monitoreo de investigación.....	25
11. Plántulas germinadas de <i>C. erectus</i> L.....	26
12. Elaboración de sustratos para utilizar en las bolsas de almácigo para la evaluación de la propagación por medio de esquejes de <i>C. erectus</i> L. ....	33
13. Colecta de material vegetal de <i>C. erectus</i> L. para la evaluación de sustratos para la propagación por esquejes. ....	34
14. Preparación de material vegetativo de la especie <i>C. erectus</i> L., en 30 ppm de hormona ácido indol butírico. ....	35
15. Análisis textural de suelos, método de Bouyoucos .....	36
16. Suelo franco arcillo arenoso determinado mediante el triángulo textural. ....	37
17. Siembra de estacas de la especie <i>C. erectus</i> L. ....	38
18. Método cámara húmeda individual.....	38

19. Revisión de esquejes de <i>C. erectus</i> L., verificando supervivencia y brotación. ....	39
20. Unidades experimentales 45 días después del establecimiento .....	40
21. Micro estaca de mangle <i>C. erectus</i> L., con brote vegetativo.....	40
22. Promedio de brotes en esquejes de la especie <i>C. erectus</i> L. por cada tratamiento.....	44
23. Estacas con presencia de brotes vegetativos. ....	45
24. Estaca de la especie <i>C. erectus</i> L., enraizada en sustrato de suelo y arena. .	48
25. Estaca de la especie <i>C. erectus</i> L., en sustrato de suelo.....	49
26. Colecta de suelo del área manglar.....	56
27. Elaboración de sustratos .....	57
28. Colecta de material vegetativo. ....	58
29. Inmersión de estacas en solución de ácido indol butírico a 30 ppm.....	59
30. Colocación de bolsas .....	59
31. Siembra de estacas de <i>C. erectus</i> L. ....	59
32. Establecimiento de área experimental. ....	60
33. Promedio de brotes de <i>C. erectus</i> L. por estaca. ....	64
34. Presencia de brotes en estacas de la especie de mangle <i>C. erectus</i> L. ....	65
35. Colecta de resultados del volumen de raíz por estaca (I). ....	67
36. Colecta de resultados del volumen de raíz por estaca (II). ....	67
37. Colecta de resultados.....	69
38. Medición de volumen de raíces de estacas de <i>C. erectus</i> L. ....	70
39. Selección y capacitación sobre realización de acodos aéreos.....	77
40. Preparación de sustratos.....	77
41. Preparación de solución de hormona a 15 ppm y 30 ppm. ....	78
42. Monitoreo de acodos.....	79

43. Volumen de raíz de acodos aéreos .....	84
44. Llenado de bolsas .....	93
45. Traslado de bolsas .....	93
46. Producción de brotes de la especie <i>C. erectus</i> L .....	94
47. Cercado de área.....	94
48. Colocación de bolsas .....	95
49. Monitoreo de la investigación de propagación por estaca en Finca Cataluña, Caballo Blanco Retalhuleu .....	95
50. Elaboración de acodos aéreos .....	96
51. Monitoreo de la investigación en campo .....	96
52. Elaboración de acodos aéreos .....	97
53. Personal capacitado para elaboración de acodos aéreos .....	97
54. Monitoreo de acodos aéreos .....	98
55. Acodos aéreos enraizados .....	99
56. Monitoreo de acodos .....	99
57. Tratamiento evaluado con nylon blanco como sombra. ....	100
58. Tratamientos con diferente porcentaje de germinación.....	100
59. Tratamiento evaluado con sombra de sarán .....	101
60. Tratamiento manejado con sombra de nylon .....	101

## RESUMEN

Se presentan cuatro investigaciones de métodos de propagación de mangle *Conocarpus erectus* L., siendo escarificación de semilla, propagación de micro estacas, propagación de estacas en tres sustratos y propagación por acodos aéreos en dos sustratos.

Se evaluaron tres métodos de escarificación: químico consistió en sumergir la semilla en ácido sulfúrico al 5% por 15 segundos, térmico consistió en sumergir la semilla en agua a 80°C por 15 segundos y mecánico radicó en sumergir la semilla 24 horas en agua a 24 °C luego se frotó la semilla con arena y se sembraron, cada método fue evaluado con dos tipos de sombra y un testigo, alcanzando el 12% de germinación con el método de escarificación de ácido sulfúrico al 5% y serán 50% sombra.

La propagación con estacas de diámetros de uno y dos centímetros se realizó en tres sustratos, arena, suelo del área manglar y 70% suelo y 30% arena, luego se colocaron bolsas sobre cada unidad experimental simulando la cámara húmeda por 45 días, el mejor resultado fue del 67% de micro estacas enraizadas con volumen de 3.1 cm<sup>3</sup> obtenido con el sustrato compuesto por suelo y arena no encontrando diferencias entre los diámetros evaluados.

La propagación por estacas con tres y cinco centímetros de diámetro en tres sustratos, arena, suelo del área manglar y una composición de 70% suelo y 30% arena, dio como resultado el 85% de estacas enraizadas con volumen de raíz de 4.7cm<sup>3</sup> en el sustrato compuesto por arena y suelo mientras que los diámetros evaluados no mostraron diferencias.

La investigación de propagación de *C. erectus* L., mediante acodos aéreos con promotor radicular a una dosificación de 15 ppm y 30 ppm de ácido indol butírico al 3%, en dos sustratos suelo del área manglar y un sustrato compuesto por 70% suelo manglar y 30% arena, dio como resultado 81.7% de acodos enraizados con volumen de 40.8 cm<sup>3</sup> de raíces por acodo utilizando la dosificación de 30 ppm evaluado en el sustrato compuesto de arena y suelo del área manglar.

## ABSTRACT

Four investigations of propagation methods of mangrove *Conocarpus erectus* L. are presented, being seed scarification, propagation of micro cuttings, propagation of cuttings in three substrates and propagation by air layering in two substrates.

The scarification methods of *C. erectus* L. were carried out as follows: the chemical method consisted of immersing the seed in 5% sulfuric acid for 15 seconds, the thermal method consisted of immersing the seed in water at 80°C for 15 seconds. seconds and the mechanic consisted of submerging the seed for 24 hours in water at 24 °C, then the seed was rubbed with sand and subsequently all the seeds were sown, each method was evaluated with two types of shade and a control (without shade), obtaining 12% germination with the scarification method of 5% sulfuric acid and 50% shade.

The asexual propagation of *C. erectus* L. was carried out with micro stakes with diameters of one and two centimeters in three substrates, sand, soil from the mangrove area and a mixture of 70% soil and 30% sand, subsequently bags were placed on each experimental unit simulating the humid chamber for 45 days, the best result was 67% of rooted micro cuttings with a volume of 3.1 cm<sup>3</sup> obtained with the substrate composed of soil and sand, with no differences found between the diameters evaluated.

The research carried out on propagation by cuttings with three and five centimeters in diameter in three substrates, sand, soil from the mangrove area and a composition of 70% soil and 30% sand, resulted in 85% of rooted cuttings with a root volume of 4.7cm<sup>3</sup> in the substrate composed of sand and soil while the diameters evaluated did not show differences.

The investigation of the propagation of *C. erectus* L., through aerial layering with a root promoter at a dosage of 15 ppm and 30 ppm of 3% indole butyric acid, in two soil substrates from the mangrove area and a substrate composed of 70% mangrove soil. and 30% sand, resulted in 81.7% of rooted layers with a volume of 40.8 cm<sup>3</sup> of roots per layer using the dosage of 30 ppm evaluated in the substrate composed of sand and soil from the mangrove area.

## I. Introducción

Se realizaron cuatro investigaciones que buscaron encontrar métodos que permitan la propagación sexual y asexual de la especie de mangle *C. erectus* L., siendo a) propagación de micro estacas de uno y dos centímetros de diámetro en cámara húmeda, b) evaluación de la propagación de *C. erectus* L., mediante estacas con diámetros de tres y cinco centímetros en tres sustratos suelo manglar, arena y una composición de 70% suelo y 30% arena y c) propagación por acodos aéreos utilizando promotores radiculares y dos sustratos suelo manglar y arena más suelo manglar.

Se evaluó el método de escarificación químico sumergiendo la semilla de *C. erectus* L., en ácido sulfúrico al 5% durante 15 segundos posteriormente se lavaron las semillas con una solución de bicarbonato, luego el método térmico se trabajó elevando la temperatura del agua a 80°C y posteriormente se sumergió la semilla durante 15 segundos, el método mecánico consistió en la imbibición de la semilla por 24 horas y posteriormente se desgastó la testa al frotar la semilla con arena, luego se procedió a sembrar 1000 semillas por bolsa de *C. erectus* L., con su respectivo tratamiento, cada uno de los tratamientos pregerminativos fueron evaluados con un tipo de sombra (sarán 50%, nylon blanco calibre 3 mm y sin sombra).

Los métodos de propagación con material vegetativo fueron realizados utilizando micro estacas de uno y dos centímetros de diámetro en cada unidad experimental debido a la limitada disponibilidad de material vegetativo solo se sembraron cinco micro estacas por bolsa para un total de 24 unidades experimentales.

Así mismo se evaluó la propagación de estacas de *C. erectus* L., con diámetros de tres y cinco centímetros en tres sustratos arena, suelo manglar y una composición de 70% suelo y 30% arena, al ser diámetros representativos la cantidad de material vegetativo se vio limitada y se sembraron cinco estacas por unidad experimental dando un total de 120 estacas por 24 unidades experimentales.

La evaluación de la capacidad de *C. erectus* L., para propagarse por acodos aéreos fue determinada por dos dosificaciones de ácido indol butírico al 3% y dos sustratos siendo suelo del área manglar y un sustrato elaborado por 70% suelo manglar más 30% arena, los acodos se realizaron en bloques al azar debido al establecimiento de árboles en campo elaborando 120 acodos en total.

La importancia de las investigaciones realizadas radica en definir una metodología de propagación efectiva que permita hacer proyecciones de producción de planta para futuras reforestaciones orientadas a la recuperación de la cobertura forestal en el ecosistema manglar con la especie de mangle *Conocarpus erectus* L.

## II. Objetivos generales

### 2.1. General

Definir los métodos de propagación de mangle *Conocarpus erectus* L., que produzcan mayor cantidad de planta, por medio de métodos de escarificación de semilla y propagación vegetativa.

### 2.2. Específicos

- ✓ Evaluar la propagación asexual de micro estacas de la especie *Conocarpus erectus* L.
- ✓ Evaluar la propagación asexual de la especie *C. erectus* L., por medio de esquejes en tres sustratos.
- ✓ Evaluar la propagación de la especie *C. erectus* L., por medio de acodos aéreos en dos sustratos.
- ✓ Evaluar tres métodos de escarificación de semilla de *C. erectus* L.

### III. Descripción general de la unidad de práctica

#### 3.1. Nombre de la institución

Instituto Nacional de Bosques Región IX-3

#### 3.2. Localización áreas de trabajo

Las áreas de trabajo donde se establecieron las investigaciones fueron Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu, oficina Sub Regional INAB IX-3 y Finca Brisas del Mar, Champerico, Retalhuleu.

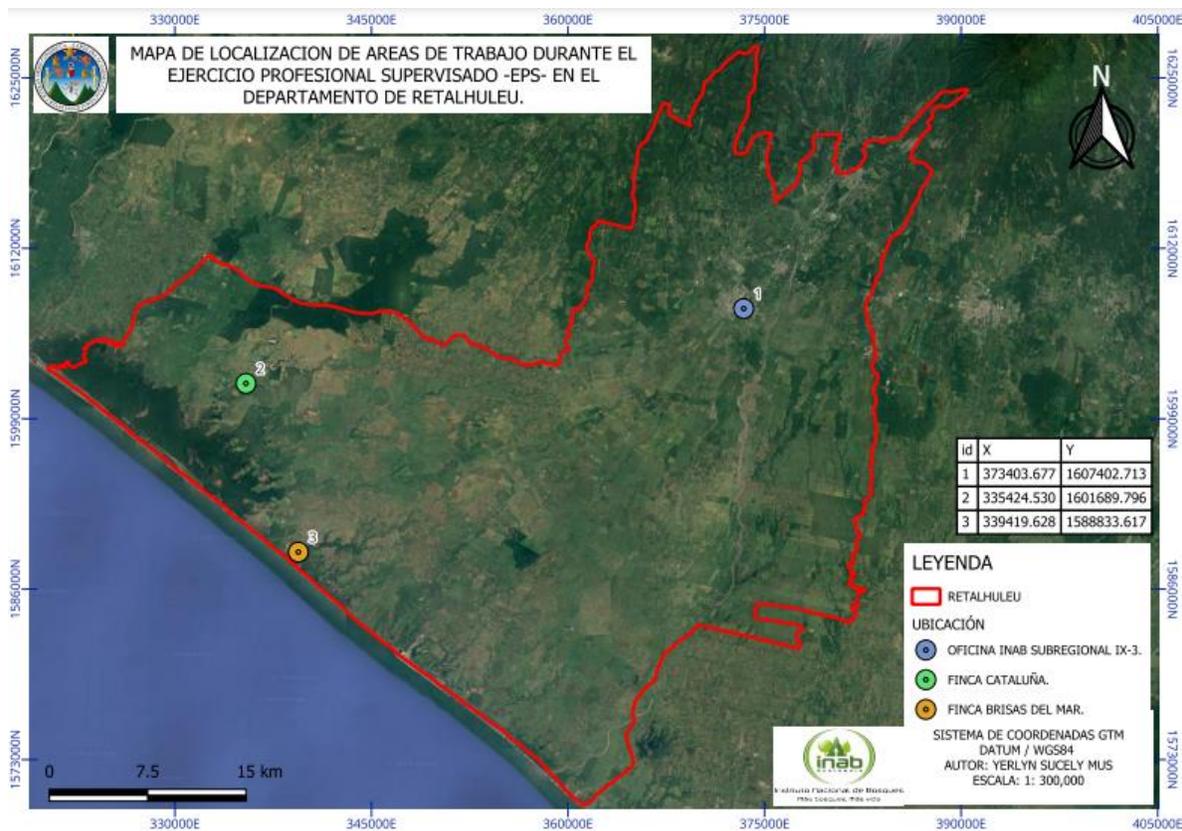


Figura 1. Áreas de trabajo en el departamento de Retalhuleu.

### **3.3. Tipo de institución**

Es una institución de gobierno semiautónoma con dependencia de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Es delegada como autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia forestal, buscando fomentar y regular el uso del bosque, bajo la constante mejora de los servicios que brinda a la población guatemalteca (INAB FUNCIONES DE las direcciones, unidades y departamentos, 2020).

### **3.4. Objetivos de la institución**

#### **3.4.1. General**

Promover el desarrollo forestal del país y contribuir al desarrollo rural integral, a través del fomento al manejo sostenible y restauración de los bosques y tierras forestales, el fortalecimiento de la gobernanza forestal y la vinculación bosque-industria-mercado. (INAB, 2019)

#### **3.4.2. Objetivo Estratégico 1 (Ambiental)**

Promover el manejo de los bosques del país, fomentando y regulando su uso sostenible, protección y restauración, como mecanismo para garantizar su permanencia, recuperación y mejora de su productividad, incrementando la provisión de bienes y servicios para garantizar los medios de vida a la sociedad y contribuir con la reducción de la vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático. (INAB, 2019)

#### **3.4.3. Objetivo Estratégico 2 (Económico)**

Contribuir al desarrollo económico y social del país, impulsando la vinculación del bosque a la industria forestal y el mercado, como mecanismo para lograr mayor valor agregado de los productos forestales e incrementar la inversión y generación de empleo, y que se reconozca el aporte del sector forestal a la economía nacional. (INAB, 2019)

### **3.5. Horario de funcionamiento**

Las oficinas del Instituto Nacional de Bosques INAB, cuentan con horario de atención de lunes a viernes de 08:00 am a 05:00 pm.

### **3.6. Planificación a corto plazo, mediano y largo plazo**

#### **3.6.1. Planificación a corto plazo**

Diagnosticar y planificar actividades de conservación forestal de especies manglares entre ellos la especie *C. erectus* L.

#### **3.6.2. Planificación a mediano plazo**

Ejecutar actividades para la restauración y propagación de diferentes especies forestales y manglares.

#### **3.6.3. Planificación a largo plazo**

Incremento de cobertura forestal de diferentes especies forestales y manglares.

### **3.7. Zonas de vida y clima del Humedal Manchón Guamuchal**

#### **3.7.1. Clima**

Según los biomas de Villar (CONAP, 1999) clasifica como sabana tropical húmeda. Los reportes de precipitación en la década 1970-1979, según la estación Champerico-Fegua a 8 km. Suroeste del área, con un promedio anual de lluvia de 492.3 mm. y un promedio de 58 días de lluvia anuales; y según la estación Caballo Blanco, a 20 km. al noroeste del área, con un promedio anual de lluvia de 1752.4 mm. y un promedio de 101 días de lluvia anuales. Temperatura media anual de 25° y humedad relativa del 75% (FIIT 1995). (Quintana Morales, 2007)

#### **3.7.2. Suelo**

Los suelos del Manchón Guamuchal son al menos de la parte sur este y sur oeste, vertisoles, son predominantemente de textura mediana y tienen una pendiente llana. Son del Orden Molisoles, en los sub ordenes Aquolls, Ustolls. Los suelos en la franja de playa son arenosos y de baja productividad y pertenecen al Orden Entisoles, sub orden Psamments. Los suelos del área fueron formados por depósitos marinos o aluviales. Son en general suelos mal drenados, de textura pesada y arenosa, y pertenecen a las series Ixtán (Ix), Bucul (Bu) y Champerico (Chm) (Simmons et al. 1959).

Los suelos son clase VII de acuerdo a su capacidad productiva, representados por suelos poco profundos, de textura muy deficiente, no aptos para cultivos, y destinados para uso de conservación. Los depósitos oscuros de grano fino son ricos en minerales, tratándose de material andesítico fino proveniente de los volcanes cercanos, acarreado por los ríos; a este se agregan los depósitos de cenizas que provienen de la erupción del volcán Santa María ocurrida en octubre de 1902. Ramsar (2010)

Los suelos específicos para el área de Champerico son de origen volcánico, pertenece a la llanura costera del pacífico y está formado por el aluvial del río Samalá en la parte media mientras que en las zonas de marismas del litoral del pacífico los suelos son planos y con pendientes menores al 5%, los suelos en el área de Champerico, Retalhuleu ocupan depresiones en la planicie y se inundan con frecuencia en época lluviosa dado que son suelos pesados y de mal drenaje. (Rodríguez, 2016)

### **3.7.3. Hidrología**

Las cuencas que drenan hacia el área incluyen parte de las cuencas de los ríos Naranja y Ocosito. Debido al régimen de lluvias la desembocadura de los ríos, así como los movimientos de aguas marinas, se forman lagunas salobres y esteros.

### **3.7.4. Precipitación pluvial anual en mm**

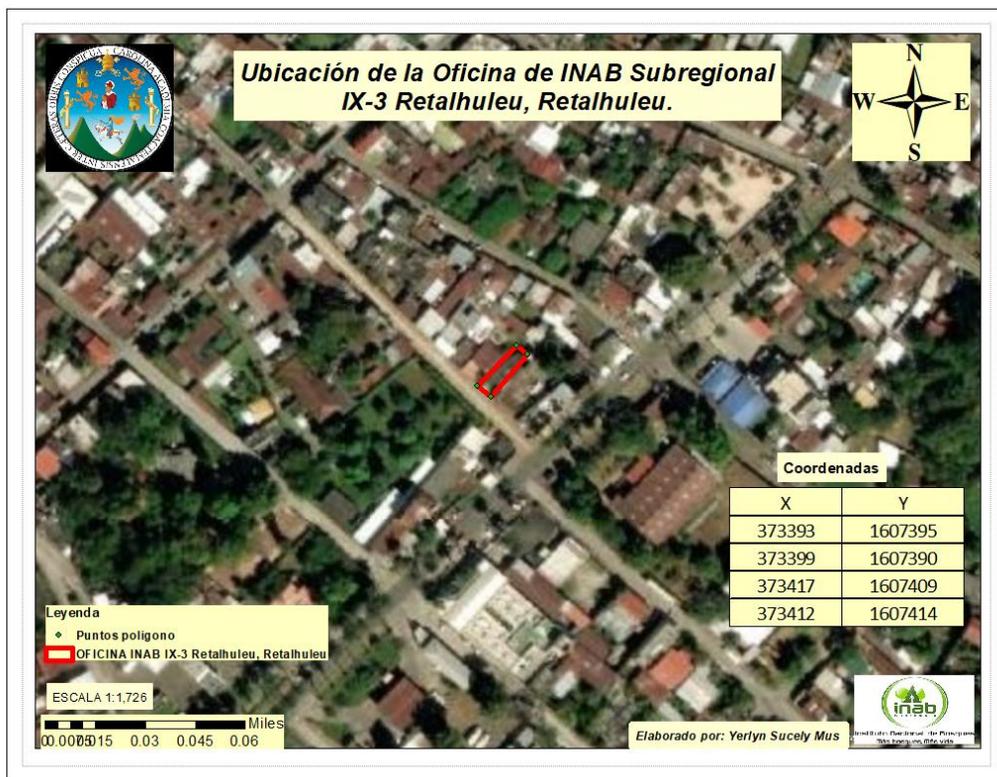
La zona de la Costa Sur tiene un patrón de lluvias que van de 1,200 a 2,000 mm anuales. En la parte al norte del humedal la lluvia va de 1,160 a 1,700 mm anuales. El sitio presenta días claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de enero-abril. Ramsar (2010)

En el municipio de Champerico, Retalhuleu, se estiman precipitaciones pluviales de 1000 a 1200 mm anuales, el clima es cálido durante todo el año. (Rodríguez, 2016)

### 3.8. Área geográfica de concentración de investigaciones

#### 3.8.1. Instituto Nacional de Bosques Región IX-3, Retalhuleu, Retalhuleu.

En el área verde de la oficina de INAB se establecieron y desarrollaron las investigaciones de la especie de mangle *C. erectus* L. tales como propagación asexual por medio de esquejes con el método de cámara húmeda y propagación sexual con diferentes métodos de escarificación y tipos de sombra.



**Figura 2. Ubicación de la oficina Subregional IX-3 INAB Retalhuleu, Retalhuleu.**

### 3.9. Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu, Retalhuleu.

En el casco de la Finca Cataluña se estableció la investigación de propagación por medio de esquejes de la especie *C. erectus* L.



**Figura 3. Mapa del área de establecimiento de la investigación en el casco de finca Cataluña.**

### 3.10. Finca Brisas del Mar, Champerico, Retalhuleu.

En esta finca se desarrolló el establecimiento y desarrollo de la propagación por acodos aéreos.



Figura 4. Ubicación de acodos aéreos en Finca Brisas del Mar.

#### **IV. Evaluación de métodos de propagación de la especie de mangle *Conocarpus erectus* L., (mangle botoncillo)**

##### **4.1. Evaluación de métodos de escarificación de semillas y tipos de sombra sobre la germinación de *C. erectus* L.**

###### **4.1.1. Definición del problema.**

En el departamento de Retalhuleu se han realizado actividades de reforestación de las cuales se ha establecido la especie de mangle *C. erectus* L., sin embargo, la producción de planta de la especie antes mencionada ha sido difícil de propagarla en semillero utilizando los métodos convencionales, según otros investigadores la escarificación con ácido clorhídrico al 25% dio como resultado 6.8% de germinación, con refrigeración a 3°C se obtuvo 1.0% de germinación (Basañez, 2011).

Durante el diagnóstico realizado se identificó que el semillero lo elaboran utilizando nylon blanco como sombra, no se utilizan métodos de escarificación o desgaste de la testa de la semilla considerando que esta semilla pertenece al grupo de semillas recalcitrantes y según las entrevistas realizadas a los empleados de esta finca ellos recolectan la semilla del suelo lo que aumenta el porcentaje de semilla con baja viabilidad, obteniendo porcentajes de germinación de 0.79%.

###### **4.1.2. Justificación**

Esta investigación proporcionará resultados sobre el método de escarificación que produzca mayor porcentaje de semillas germinadas, manejo adecuado de sombra, número de días promedio para la germinación y con la combinación de las variables tipo de sombra y método de escarificación determinar el manejo técnico adecuado de la especie *C. erectus* L., en etapa de semillero.

Con los resultados obtenidos se podrá estimar la cantidad de semilla y materiales a utilizar para proyectar la producción de planta de *C. erectus* L., de acuerdo al método que produzca mejores resultados y de esta forma sufragar las necesidades que se tienen para futuras restauraciones.

### **4.1.3. Marco teórico**

#### **4.1.3.1. Propagación sexual en dos sustratos**

Se han evaluado métodos de germinación de *C. erectus* L., de dos sustratos para aumentar el porcentaje de germinación y se obtuvo el resultado de 2.14% en el sustrato compuesto por suelo del área manglar y en el sustrato de suelo del área manglar mezclado con excretas de cangrejo azul se registró un 0.44% de germinación. Rivera Orellana (2013)

#### **4.1.3.2. Escarificación de semillas**

La escarificación consiste en implementar productos químicos corrosivos, inmersión en agua caliente o frotar para desgastar la cubierta o testa de las semillas duras e impermeables al agua, sin dañar el embrión, para permitir el paso del agua a su interior y se inicie la germinación. Martínez Pelayo, et al. (2005)

- **Método de escarificación de semillas con ácido sulfúrico**

Consiste en sumergir la semilla en una concentración de 5% a 10% de ácido sulfúrico por un periodo de un minuto y luego enjuagar la semilla con agua, con este método Charuc Chip (2016) logró porcentajes de germinación de 33% con ácido sulfúrico a una concentración de 5% y con ácido sulfúrico a una concentración del 10% se obtuvo 54% de germinación de semillas de *C. erectus* L.

- **Método de escarificación física**

Charuc Chip (2016) realizó evaluaciones sumergiendo semillas de *C. erectus* L., en agua a temperatura ambiente obteniendo como resultado por tiempo de sumersión de 15 días un porcentaje de germinación de 77%, también realizó pruebas de germinación sumergiendo la semilla en agua a una temperatura de 80°C por un minuto y obtuvo 0% de germinación.

#### **4.1.4. Marco referencial**

##### **4.1.4.1. Ubicación del experimento.**

El experimento se desarrolló en el área verde de la oficina de INAB IX-3 con coordenadas 14°32'7.08" N, 91°40'41.88" W.

##### **4.1.4.2. Características climáticas.**

Retalhuleu, Retalhuleu se encuentra a 239 msnm con clima cálido y temperaturas de 23°C a 33°C y una media de 67.8% de humedad relativa en meses de diciembre – abril y una media de 84.7% de humedad relativa en los meses de mayo – noviembre (Climatico, 2022)

##### **4.1.4.3. Periodo de desarrollo del experimento.**

La investigación se desarrolló en los meses de marzo a junio.

#### **4.1.5. Objetivos específicos.**

Evaluar el método de escarificación que genere mejores resultados bajo la variable respuesta porcentaje de germinación.

Determinar el tipo de sombra que produzca mayor porcentaje de germinación de la especie *C. erectus* L.

#### **4.1.6. Hipótesis**

Ho 1. Ninguno de los métodos de escarificación evaluados muestra una respuesta distinta en cuanto a la variable respuesta porcentaje de germinación de la especie *C. erectus* L.

Ho 2. Ninguno de los tipos de sombra evaluados nylon blanco y sarán 50% sombra muestra una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje de germinación de la especie *C. erectus* L.

Ho 3. No existe interacción entre los métodos de escarificación y los tipos de sombra evaluados.

#### 4.1.7. Metodología de la investigación métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie *Conocarpus erectus* L.

##### 4.1.7.1. Materiales

- ✓ 500 ml ácido sulfúrico al 5%
- ✓ 1000 ml agua caliente
- ✓ 1 termómetro de cocina
- ✓ 0.030 m<sup>2</sup> de arena azul
- ✓ 0.030 m<sup>2</sup> de suelo franco
- ✓ 0.30 m<sup>2</sup> de suelo del manglar
- ✓ 36 bolsas de polietileno de 16 cm diámetro por 15 cm de altura
- ✓ 2 m<sup>2</sup> serán 50% sombra
- ✓ 1 m de nylon blanco calibre 3 ml
- ✓ Recipientes de 1000 ml
- ✓ Tamiz
- ✓ 1 lb de Bicarbonato de sodio
- ✓ 1 probeta de 100 ml
- ✓ Espátula
- ✓ 1 L de agua desmineralizada
- ✓ Pintura en aerosol color azul
- ✓ Marcador indeleble negro
- ✓ Tijeras
- ✓ 72 palillos de madera de 25 cm de largo y diámetro de 2 ml
- ✓ 1 hoja de acetato de 1 m x 1m

#### 4.1.7.2. Metodología

- **Recolección y manejo de la semilla de árboles de mangle *C. erectus* L.**

Se ubicó y seleccionó los árboles promisorios con las siguientes características árboles sanos, DAP mayor a 5 cm, altura mayor a 2 m.

Se colectaron semillas color café oscuro las cuales al momento de frotarse el botón se desintegró.

El sustrato se desinfectó con tiadiazol, carbamato etridiazol, metil tiofanato con el nombre comercial Banrot 40 WP a una dosificación de siete gramos por pulverizador de mochila de 16 litros.

Se trasladó la semilla en un recipiente de plástico con volumen de 2000 ml, desinfectado con alcohol al 70% a una temperatura de 24°C.



**Figura 5. Colecta de semilla de *C. erectus***

**L.**

- **Preparación del terreno**

Se desmalezó el área definida para el establecimiento del diseño experimental, con el fin de crear condiciones adecuadas para el desarrollo de la investigación.

- **Preparación de las unidades experimentales**

Se utilizaron bolsas de polietileno como unidades experimentales y se colocaron 1000 semillas en cada una, el sustrato que se utilizó fue una mezcla de 0.30m<sup>2</sup> de suelo franco, 0.30m<sup>2</sup> suelo manglar y 0.30m<sup>2</sup> arena azul, las bolsas se ubicaron según el croquis del diseño experimental.



**Figura 6. Establecimiento de investigación**

- **Escarificación química**

Para preparar un litro de solución de ácido sulfúrico al 5% se utilizó un beaker de 1000 ml con el contenido de 950ml de agua desmineralizada luego se agregó 50 ml de ácido sulfúrico en concentración pura, posteriormente con una varilla de vidrio se agitó hasta homogeneizar la solución.

Utilizando equipo de protección se realizó la escarificación de la semilla de *C. erectus* L., sumergiendo por un periodo de 15 segundos en una solución de ácido sulfúrico al cinco por ciento posteriormente se lavaron las semillas con una solución de 30 g de bicarbonato en 500 ml de agua desmineralizada para eliminar los residuos de ácido sulfúrico en la semilla, luego se procedió a realizar la siembra.

- **Escarificación térmica**

Se aumentó la temperatura del agua a 80°C el cual se monitoreó con un termómetro de cocina, luego se sumergieron las semillas por un periodo de 15 segundos y se procedió a sembrarla.

- **Escarificación mecánica**

La escarificación mecánica se realizó sumergiendo la semilla por 24 horas en agua a temperatura una temperatura de 24 °C y después se frotó con arena luego se procedió a realizar la siembra.



**Figura 7. Conteo de 1000 semillas  
para cada tratamiento**



**Figura 8. Escarificación de semilla *C. erectus* L.**

- **Siembra de semillas de *C. erectus* L.**

En cada unidad experimental (bolsa) se sembraron 1000 semillas, a una profundidad mínima de una vez su tamaño.

- **Riego**

Los riegos se realizaron diariamente por la mañana con una pulverizadora de mochila con gota fina.

- **Sombra**

Se implementaron dos tipos de sombra nylon blanco calibre 3ml y saran 75% sombra y el testigo (sin sombra), se colocaron los tipos de sombra de acuerdo al croquis de la investigación.

- **Ubicación de la investigación métodos de escarificación y tipos de sombra.**

El experimento se realizó en el área verde de la oficina de INAB Sub Región IX-3, ubicada en las coordenadas 14°32'7.08" N, 91°40'41.88" W identificándose en el municipio de Retalhuleu, Retalhuleu el cual se encuentra a 239 msnm por lo tanto, posee un clima cálido con temperaturas que van desde los 23°C hasta los 33°C.

Con una media de 67.8% de humedad relativa en los meses de diciembre – abril y con una media de 84.7% de humedad relativa en los meses de mayo – noviembre

- **Manejo de la investigación métodos de escarificación y tipos de sombra.**

Se realizaron monitoreos constantes para documentar el desarrollo de las semillas en el periodo de tiempo de germinación.

- **Diseño experimental de la investigación métodos de escarificación y tipos de sombra.**

Haciendo énfasis en que las condiciones para el establecimiento de la investigación no eran controlables debido a la colocación de sombra, se realizó un diseño experimental en bloques al azar con arreglo bifactorial combinatorio.

- **Modelo Estadístico**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, r \end{cases}$$

Siendo que:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta observada o medida (porcentaje de germinación) en la  $ijk$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor “A” (métodos de escarificación)

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor “B” (tipos de sombra)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor “A” y el  $j$ -ésimo nivel del factor “B”

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental

- **Tratamientos y aleatorización de la investigación métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie *Conocarpus erectus* L.**

En total se evaluaron nueve tratamientos con cuatro repeticiones dando un total de 36 unidades experimentales, cada una de ellas contenía un total de 1000 semillas de la especie *C. erectus* L., los métodos de escarificación evaluados fueron tres realizados con agua a 80°C, otro con ácido sulfúrico y el último por escarificación mecánica con dos tipos de sombra uno con sarán otro con nylon blanco y el último sin sombra los cuales se describen a continuación.

**Tabla 1. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie *Conocarpus erectus* L.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Factor A Escarificación</b>	<b>Factor B Sombra</b>
1	Tratamiento térmico a 80°C	Sarán
2	Tratamiento térmico a 80°C	Nylon blanco
3	Tratamiento térmico a 80°C	Sin sombra
4	Ácido sulfúrico al 5%	Sarán
5	Ácido sulfúrico al 5%	Nylon blanco
6	Ácido sulfúrico al 5%	Sin sombra
7	Escarificación mecánica	Sarán
8	Escarificación mecánica	Nylon blanco
9	Escarificación mecánica	Sin sombra

- **Grados de libertad**

Para obtener los grados de libertad del error se sometieron los datos a la siguiente fórmula  $GLE = (9-1) (4-1) = 24$

- **Croquis del experimento métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie *Conocarpus erectus* L.**

La distribución de los tratamientos se realizó por el método de la tómbola, los resultados se reflejan en el croquis que se presenta.

**Tabla 2. Croquis de aleatorización de los tratamientos de la investigación métodos de escarificación y tipos de sombra, ubicado en INAB IX-3, Retalhuleu, Retalhuleu.**

Bloque I	T2R1	T5R1	T4R1	T6R1	T9R1	T3R1	T8R1	T7R1	T1R1
Bloque II	T3R2	T6R2	T1R2	T7R2	T9R2	T2R2	T4R2	T5R2	T8R2
Bloque III	T3R3	T7R3	T1R3	T9R3	T5R3	T4R3	T6R3	T8R3	T2R3
Bloque IV	T4R4	T5R4	T7R4	T3R4	T8R4	T1R4	T2R4	T6R4	T6R4

- **Variables de respuesta**

**Porcentaje de germinación**

Para determinar el porcentaje de germinación se tomó de referencia todos los individuos germinados de cada unidad experimental, sometiendo los datos a la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de esquejes enraizados} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas en total}} * 100$$

Dado que los datos no cuentan como una distribución normal, estos fueron transformados para poder realizar el análisis de varianza “ANDEVA”, utilizando la fórmula Sen-1( $\sqrt{\text{Proporción}}$ ), donde se obtiene el seno inverso, a la raíz cuadrada del porcentaje presentado en proporción.

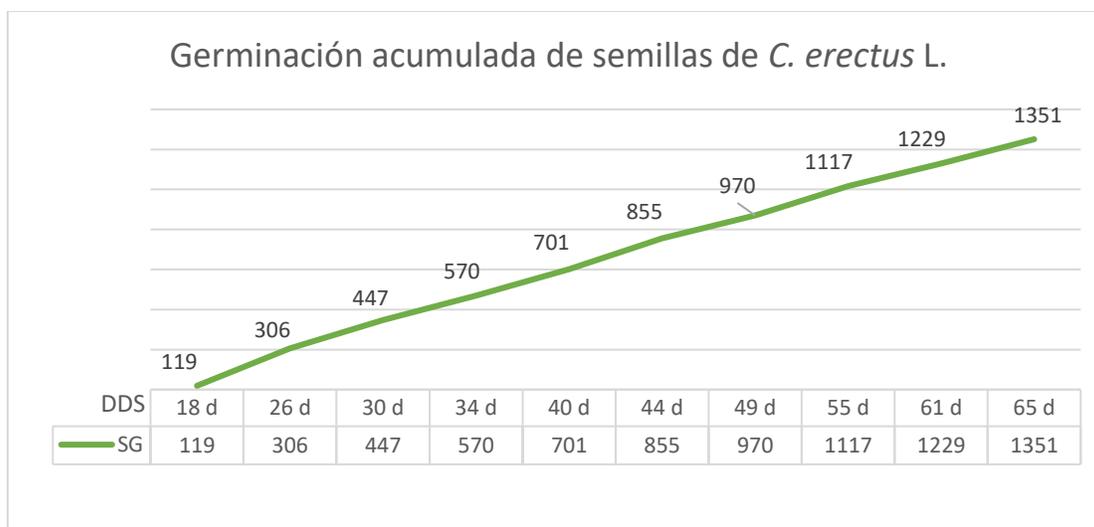
- **Análisis de la información**

Los datos de campo transformados fueron analizados mediante un análisis de varianza para cada una de las variables y bajo el cinco por ciento de significancia, utilizando el Software para análisis estadístico de aplicación “InfoStat”. Los resultados del análisis de varianza fueron sometidos a una prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del cinco por ciento para conocer el tratamiento con mayor porcentaje de germinación.

#### 4.1.8. Presentación y discusión de resultados de métodos de escarificación y tipo de sombra en la especie *Conocarpus erectus* L.

##### 4.1.8.1. Efecto de los tratamientos evaluados sobre el número de semillas germinadas por monitoreo.

Las 36 unidades experimentales evaluadas cada una con 1000 semillas sembradas, después de los 11 monitoreos realizados no mostró variabilidad en cuanto a la germinación días después de la siembra dando como resultado que en todos los tratamientos las semillas germinaron después de los 18 días de haberse sembrado, sin embargo se observó que la mayor cantidad de semillas germinadas se obtuvieron después de los 26 días de haberse establecido la investigación, cabe resaltar que la especie aún sigue germinando después de los 30 días según los monitoreos periódicos realizados hasta los 65 días.



**Figura 9. Grafica porcentual de germinación de semillas de la especie *C. erectus* L. durante la evaluación de escarificación y sombra.**

En la -tabla 3-, se muestra que existe diferencia significativa en los factores A y B pues en ambos factores el p-valor es menor a 0.05, de la misma forma se observa en la interacción que existe diferencia significativa entre ambos factores.

El coeficiente de variación en el rango aceptable es de 20%, sin embargo, el coeficiente de variación obtenido es de 36.96% esto se debe al escaso material al que se tenía acceso para el desarrollo de la investigación entre ellos principalmente el ácido sulfúrico el cual era un agente químico para realizar la escarificación.

**Tabla 3. Análisis de varianza porcentaje de germinación de semillas de *C. erectus* L.**

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.72	3	0.24	0.46	0.7108
FAC A	8.20	2	4.10	7.90	0.0023 **
FAC B	6.42	2	3.21	6.18	0.0068**
FAC A*FAC B	7.58	4	1.90	3.65	0.0185 <b>ns</b>
Error	12.46	24	0.52		
Total	35.39	35			

C.V.= 36.96%

Según los datos analizados en la prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia se determinó que el nivel con mayor porcentaje de germinación del factor A, es el método de escarificación con ácido sulfúrico al 5% con resultados de 5.6% de germinación, seguido por la escarificación mecánica con 5.1% de germinación y por último el método de escarificación térmico a 80°C con un 0.8% de germinación.

**Tabla 4. Prueba múltiple de medias de Tukey (5%) de métodos de escarificación de semillas de *C. erectus* L. (factor A).**

FAC A	Medias Transf.	Media (% germinación)		
H2SO4 5%	2.29	5.6	A	
E. Mecánica	2.28	5.1	A	
E. Térmica a 80°C	1.28	0.8		B

Comparador de Tukey ( $W$ ) = 0.735

Se determinó con la prueba múltiple de Tukey al 5% de significancia que de los niveles del factor B, el nivel con mayor porcentaje de germinación con respecto a sombras es el sarán 50% sombra con un porcentaje de 7.0%, seguido por el método sin sombra con un 2.4% de germinación y por último con un porcentaje de 2.1% de germinación se tiene la sombra manejada con nylon blanco.

**Tabla 5. Prueba de medias de Tukey (5%) de tipos de sombra (factor B)**

FAC B	Medias Transf.	Media (% germinación)		
Saran	2.54	7.0	A	
Sin Sombra	1.73	2.4		B
Nylon blanco	1.58	2.1		B

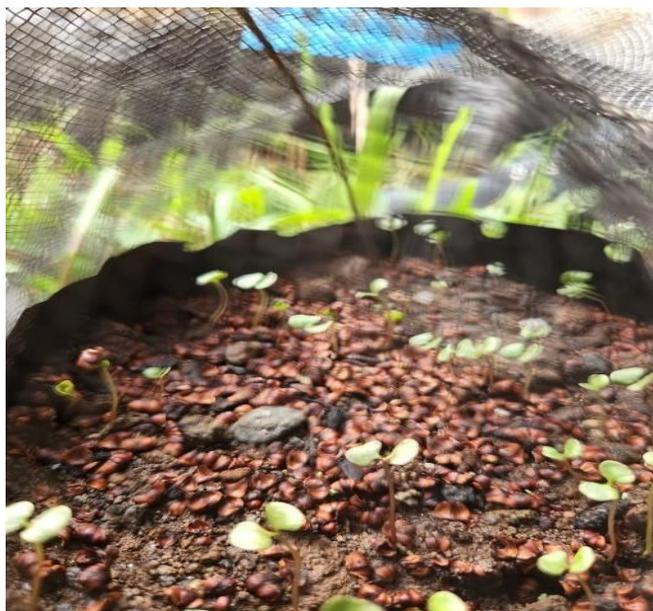
Comparador de Tukey ( $W$ ) = 0.735

**Tabla 6. Cuadro resumen de porcentaje de germinación de *C. erectus* L., con métodos de escarificación y tipos de sombra.**

Porcentaje de germinación con métodos de escarificación y sombra			
Tratamientos	Métodos de escarificación	Tipos de sombra	% de germinación
T1	Tratamiento térmico a 80°C	Sarán	0
T2	Tratamiento térmico a 80°C	Nylon blanco	0.82
T3	Tratamiento térmico a 80°C	Sin sombra	1.62
T4	Ácido sulfúrico al 5%	Sarán	12.25 **
T5	Ácido sulfúrico al 5%	Nylon blanco	2
T6	Ácido sulfúrico al 5%	Sin sombra	2.45
T7	Escarificación mecánica	Sarán	8.82 **
T8	Escarificación mecánica	Nylon blanco	3.25
T9	Escarificación mecánica	Sin sombra	3.3



**Figura 10. Monitoreo de investigación**



**Figura 11: Plántulas germinadas de  
*C. erectus* L.**

**Tabla 7. Cuadro resumen de métodos de escarificación y tipos de  
sombra de la especie *C. erectus* L.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Métodos de escarificación</b>	<b>Tipos de sombra</b>	<b>Porcentaje de germinación</b>
T1	Tratamiento térmico a 80°C	Sarán	0
T2	Tratamiento térmico a 80°C	Nylon blanco	8
T3	Tratamiento térmico a 80°C	Sin sombra	1.6
T4	Ácido sulfúrico al 5%	Sarán	12
T5	Ácido sulfúrico al 5%	Nylon blanco	2
T6	Ácido sulfúrico al 5%	Sin sombra	2.4
T7	Escarificación mecánica	Sarán	8.8
T8	Escarificación mecánica	Nylon blanco	3.2
T9	Escarificación mecánica	Sin sombra	3.3

#### **4.1.9. Conclusiones específicas**

El método de escarificación con ácido sulfúrico al 5% obtuvo el 5.6% de semillas germinadas siendo el mejor en comparación con la escarificación mecánica que produjo el 5.1% de semillas germinadas.

La sombra tiene efecto sobre la germinación de semillas de *C. erectus* L., mostrando mayor porcentaje de germinación con sombra al 50% dando como resultado el 7%, de germinación comparado con el 2.4% de germinación obtenida sin ningún tipo de sombra.

La interacción de escarificación por ácido sulfúrico al 5% y sombra del 50%, produjo el 12% de semillas germinadas, seguido la escarificación mecánica y sombra del 50%, con el 8.8% de semillas germinadas.

#### **4.1.10. Recomendaciones**

1. Evaluar otros métodos físicos y químicos de escarificación en semillas de *Conocarpus erectus* L.
2. Se recomienda efectuar los riegos utilizando una regadera equipada con una boquilla de microgotas para evitar la dislocación de las semillas del sustrato, asegurando así una distribución uniforme del agua sin perturbaciones en el proceso de germinación.
3. Se debe considerar la aplicación de insecticidas dirigidos a plagas de la familia Formicidae.

## **4.2. Evaluación de la propagación de *Conocarpus erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

### **4.2.1. Definición del problema.**

Es de importancia ecológica, por lo que el INAB considera de importancia institucional la especie de mangle *C. erectus* L., debido a la baja población de la especie en los ecosistemas manglares siendo la especie de mangle con mayor dificultad de propagación de forma sexual.

Esta especie contiene fenoles que al momento de realizar cortes estos tienden a oxidarse rápidamente y a la vez pierde humedad y provoca la senescencia de los esquejes, por tal razón, se considera que el material vegetativo a propagar (estacas), deben ser de diámetros mayores a cinco centímetros lo cual representa un problema porque actualmente su población es de menor cobertura al compararse con las otras tres especies de mangle que existen en el área, debido a esto no se cuenta con cantidades de material que puedan servir para reproducir, sin embargo con el método de cámara húmeda se espera que se aumente la humedad relativa en el ambiente donde y este propicie el desarrollo del esqueje aumentando las probabilidades de sobrevivencia de los esquejes en bolsa.

### **4.2.2. Justificación**

Debido a la disponibilidad limitada de material vegetativo de la especie *C. erectus* L., y la pérdida de humedad del material vegetativo se considera que aumentando la humedad relativa por medio de cámara húmeda y utilizando estacas de diámetros de uno y dos centímetros para procesos de propagación por micro estacas se espera obtener mayor porcentaje de sobrevivencia de micro estacas establecidas.

Por lo tanto, se plantea realizar una evaluación de propagación asexual, utilizando esquejes con diámetros de uno y dos centímetros, todos los tratamientos serán valorados bajo el método de cámara húmeda, considerando la disponibilidad de materiales para elaborar sustratos, se establecerán las micro estacas en tres sustratos diferentes suelo franco 70% y 30% arena azul, suelo del área manglar y arena.

Dicha investigación aportará beneficios ecológicos y técnicos pues dará respuesta a la viabilidad de trabajar con esquejes de diámetros de uno y dos centímetros teniendo poca intervención en los bosques naturales de *C. erectus* L.

### 4.2.3. Marco teórico

#### 4.2.3.1. Clasificación taxonómica *Conocarpus erectus* L.

Según el sistema filogenético de las Angiospermas cuarta edición. (APG IV, siglas en inglés), tomado de *Tropicos* (2022):

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Myrtales Juss. ex Bercht. y J. Presl

Familia: Combretaceae R. Br.

Género: *Conocarpus* L.

Espécie: *Conocarpus erectus* L.

#### 4.2.3.2. Propagación asexual por esquejes

Parte de una fracción vegetativa con meristemas proveniente de una planta madre, posteriormente en el proceso regenerativo esta emite primordios radiculares, se considera que las plantas de hoja perenne deben de conservar algunas hojas en el extremo, mientras que las estacas de madera suave tienen mayor crecimiento en primavera y enraízan con mayor facilidad sin descuidar la humedad relativa. (Osuna Fernández et al, 2016)

Las temperaturas favorecedoras para los esquejes van de 23 a 27°C en la base y 18 a 21°C en la parte aérea, unido al uso de reguladores de crecimiento y a humedad alta, pueden hacer enraizar las estacas de 15 a 30 días, dependiendo de la especie. Osuna Fernández et al. (2016) con base en Hartmann (1997).

#### **4.2.3.3. Beneficios del método de cámara húmeda**

Estudios en especies leñosas de difícil propagación asexual, han dado resultados beneficiosos con el método de cámara húmeda logrando obtener una supervivencia del material vegetativo de 100% y un nivel de enraizamiento del 92.5% para esquejes apicales y del 40% para esquejes sub apicales. (Fernández Martínez, et al. 2011)

#### **4.2.3.4. Requerimientos edafoclimáticos para propagación por esquejes.**

- **Salinidad de suelos**

La salinidad causa estrés osmótico e iónico. El osmótico es cuando el aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, este se refleja en el estado hídrico de la planta, la planta pierde agua, la cual debe mantener un potencial hídrico más negativo que el sustrato y asegura la absorción de agua. (Rodríguez Ledesma, et al. 2019)

- **Factores que favorecen el enraizamiento de esquejes.**

Los factores generales que influyen en el enraizamiento de esquejes son la época de colecta del material vegetativo, los esquejes que se seleccionen deben ser de una planta madre joven, el uso de promotores radiculares como ácido indol-3-butírico y también mantener la humedad de 75 a 80% aumenta el éxito de enraizamiento de estacas. (Castillo, 2013)

- **Características de cámara húmeda para propagación asexual.**

Las condiciones climáticas que ofrece los túneles de polietileno a nivel de piso ayudan al enraizamiento de esquejes por medio de alta humedad relativa para evitar la transpiración de las estacas y la deshidratación de las mismas, proporciona temperaturas que van desde 15°C a 25°C la cual permite la actividad metabólica principalmente en el área basal donde surgen las raíces adventicias. (Sisaro, 2016)

#### **4.2.4. Marco referencial de la investigación de propagación de *Conocarpus erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

##### **4.2.4.1. Ubicación del experimento.**

El experimento se desarrolló en el área verde de la oficina de INAB IX-3 con coordenadas 14°32'7.08" N, 91°40'41.88" W.

##### **4.2.4.2. Características climáticas.**

Retalhuleu, Retalhuleu se encuentra a 239 msnm con clima cálido y temperaturas de 23°C a 33°C y una media de 67.8% de humedad relativa en meses de diciembre – abril y una media de 84.7% de humedad relativa en los meses de mayo – noviembre (Climatico, 2022)

##### **4.2.4.3. Periodo de desarrollo del experimento.**

La investigación se desarrolló en los meses de marzo a junio.

#### **4.2.5. Objetivos específicos**

- Determinar el sustrato que produzca mayor porcentaje de supervivencia de esquejes de *C. erectus* L.
- Determinar el diámetro de las estacas que generen mayor porcentaje de plantas vivas de *C. erectus* L.

#### **4.2.6. Hipótesis**

Ho 1. Ninguno de los sustratos evaluados mostrará una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje estacas enraizadas y volumen de raíz.

Ho 2. Ninguno de los dos diámetros de estacas evaluados uno y dos centímetros mostrará una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje estacas enraizadas y volumen de raíz.

Ho 3. No se mostrará interacción entre los sustratos y los diámetros evaluados de esquejes de *C. erectus* L.

#### **4.2.7. Metodología de la investigación de propagación de *Conocarpus erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

##### **4.2.7.1. Materiales**

- 1 tijera para podar
- 15 gramos de hormona ácido indol-butírico
- 5 gramos de fungicida 1g/l de Etridiazole 15% + MetilTiofanato 25% (Banrot)
- 2 sierras
- 2 hieleras
- 4 rollos de papel aluminio
- 2 machetes
- 2 palas
- 1 libreta de campo
- 1 bomba de mochila de 16L
- 5 costales de quintal
- 24 bolsas de 16 cm diámetro\*30 cm alto
- 0.0603 m<sup>3</sup> de suelo de finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu
- 0.0603 m<sup>3</sup> de arena
- 0.0603 m<sup>3</sup> de suelo manglar
- 24 bolsas transparentes de 11.5 cm diámetro\* 60cm de altura
- 1 pliego de acetato
- 1 botella de pintura en aerosol color blanco
- 60 esquejes de *C. erectus* L. con diámetros de 1 cm
- 60 esquejes de *C. erectus* L. con diámetros de 2 cm
- 10 g de hormona Rotex (3% ácido indol butírico)

#### 4.2.7.2. Metodología

- **Recolección de material para elaborar sustratos.**

Se recolectó 0.0603 m<sup>3</sup> de suelo manglar en sector San Pedrito ubicado en finca Cataluña, Caballo Blanco.

Se recolectó 0.0603 m<sup>3</sup> de tierra negra en el casco de la finca Cataluña y 0.0603 m<sup>3</sup> de arena en finca Cataluña.

Luego se cernieron los sustratos como tierra negra, suelo manglar y arena.

Con una cubeta se procedió a realizar la mezcla de 70% tierra negra y 30% arena.

Con los sustratos libres de piedras y otros agentes mecánicos se procedió al llenado de bolsas siendo ocho bolsas de arena, ocho de suelo manglar y ocho de tierra negra 70% y arena 30% para un total de 24 bolsas.



**Figura 12. Elaboración de sustratos para utilizar en las bolsas de almácigo para la evaluación de la propagación por medio de esquejes de *C. erectus* L.**

- **Recolección y manejo de material vegetativo**

Se seleccionaron árboles promisorios tomando como características aceptables diámetro a la altura del pecho mayor a cinco centímetros, altura dominante, copa dominante y fito sanidad.

Se seleccionó las micro estacas de uno y dos centímetros de diámetro con longitud de 20 cm.



**Figura 13. Colecta de material vegetal de *C. erectus* L. para la evaluación de sustratos para la propagación por esquejes.**

**Tabla 8. Diámetros y longitud de micro estacas para la propagación por micro estacas de la especie *C. erectus* L.**

No.	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
1	1	20
2	2	20

Se desinfectaron los materiales a utilizar para realizar los cortes de las micro estacas.

Se trasladó el material vegetativo en un recipiente hermético, desinfectado y con hielo para mantener las micro estacas a baja temperatura y evitar la deshidratación.



**Figura 14. Preparación de material vegetativo de la especie *C. erectus* L., en 30 ppm de hormona ácido indol butírico.**

- **Análisis textural con método de Bouyoucos**

Para su realización del método de Bouyoucos se pesaron 50 gramos de suelo, luego se procedió a adicionar oxalato de sodio al 1% y 200 ml de agua del grifo el cual se disolvió y se dejó reposar aproximadamente por un periodo de 16 horas, pasadas las 16 horas se procedió a introducir la solución de suelo, oxalato de sodio y agua a una probeta de 1000 para introducir el hidrómetro.

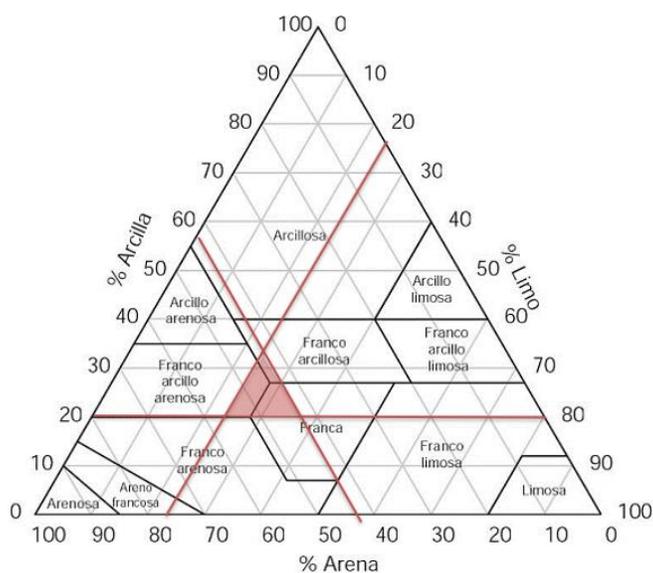
Luego se agregó agua hasta llevar la solución a 1000 ml, para después tapar la muestra y agitarla 20 veces y después se introdujo el hidrómetro por 40 segundos y se tomó la lectura y temperatura.

Por último, se volvió a dejar reposar por un periodo de dos horas y posteriormente se tomó la lectura y temperatura sin agitar la solución.

Realizado los cálculos se determinó que el suelo se compone de 20% arcillas, 24% limos y 56% arenas, siendo de textura franco-arcillo-arenoso, extraído de la finca Cataluña ubicada en Caballo Blanco, Retalhuleu.



**Figura 15: Análisis textural de suelos, método de Bouyoucos**



**Figura 16: Suelo franco arcillo arenoso determinado mediante el triángulo textural.**

- **Siembra de micro estacas de *C. erectus* L.**

Previo a la siembra se preparó una solución de 10 gramos del producto Rotex al 3% en un litro de agua, luego se agitó hasta disolver el producto y se procedió a sumergir el primer tercio de la estaca en 30 ppm del promotor radicular a base de fitohormonas de ácido indol butírico por un periodo de 20 minutos, luego se sembró en el sustrato previamente desinfectado y se humedeció con agua purificada.



**Figura 17. Siembra de estacas de la especie *C. erectus* L.**

Luego se procedió a cubrir las estacas con bolsas plásticas de 25 libras con el objetivo de que se generara una especie de cámara húmeda y se logrará aumentar la humedad relativa y evitara la deshidratación de las estacas.



**Figura 18. Método cámara húmeda individual**

Se monitoreó diariamente determinando la evolución del material y cuidando que se mantenga húmedo el sustrato.



**Figura 19. Revisión de esquejes de *C. erectus* L., verificando supervivencia y brotación.**

- **Ubicación del experimento**

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Sub Región IX-3 de INAB, Retalhuleu, Retalhuleu.

- **Manejo del experimento**

Las micro estacas estuvieron dentro de la cámara húmeda por un periodo de 45 días.



**Figura 20. Unidades experimentales 45 días después del establecimiento**

Después de los 45 días en la cámara húmeda se retiró la cámara húmeda y se siguió monitoreando por 25 días y luego se colectaron los resultados obtenidos



**Figura 21. Micro estaca de mangle *C. erectus* L., con brote vegetativo.**

- **Diseño experimental de la investigación de propagación de *Conocarpus erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

Haciendo énfasis en que las condiciones para el establecimiento de la investigación fueron homogéneas y controlables se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial combinatorio.

- **Modelo Estadístico**

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB) + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = efecto de la  $ijk$  – ésima tipos de sustrato y diámetros de micro estacas.

$\mu$  = Media general.

$A_i$  = Efecto de la  $i$  – ésima tipos de sustrato.

$B_j$  = Efecto de la  $j$  – ésima diámetros de micro estacas.

$AB_{ij}$  = Interacción de la  $i$  – ésima tipos de sustrato y la  $j$  – ésima diámetro de micro estacas.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$  - ésima unidad experimental.

- **Tratamientos y aleatorización de la investigación propagación de micro estacas de *C. erectus* L., en cámara húmeda.**

Se evaluaron seis tratamientos con cuatro repeticiones para un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental está representada por una bolsa de polietileno de 20 cm de diámetro la cual contiene cinco estacas dando un total de 120 estacas evaluadas, bajo tres sustratos: 1) suelo franco, 2) 70% suelo franco y 30% arena, 3) suelo manglar en interacción con estacas de diámetros de un centímetro y dos centímetros, el arreglo se describe a continuación.

**Tabla 9. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación propagación de micro estacas en cámara húmeda.**

Tratamientos	Factor A Sustratos	Factor B (diámetros cm)	CÓDIGO
1	Suelo	1	T1
2	Suelo	2	T2
3	70% PM y 30% arena	1	T3
4	70% PM y 30% arena	2	T4
5	Suelo del área manglar	1	T5
6	Suelo del área manglar	2	T6

- **Grados de libertad**

Para calcular los grados de libertad se usó la formula  $G.L = (A*B) * (R-1)$  donde A y B son los factores a evaluar y R es el número de repeticiones.  $G.L = (3*2) * (4-1) = 18$

- **Distribución de los tratamientos UE.**

Para la distribución de los tratamientos se empleó el método de la tómbola, los resultados se presentan a continuación.

**Tabla 10. Croquis de aleatorización de la investigación de propagación de micro estacas de *C. erectus* L., en cámara húmeda**

T3R4	T1R1	T3R1	T2R3	T4R1	T5R1
T5R2	T5R3	T6R3	T6R4	T3R2	T3R3
T4R2	T6R1	T1R3	T1R2	T4R3	T4R4
T2R2	T2R1	T5R4	T6R2	T1R4	T2R4

- **Variables de respuesta**

**Volumen de raíz por esqueje**

Esta variable fue medida al final de la evaluación, para ello se tomaron cinco esquejes por unidad experimental a los cuales se les quitó las raíces que presentaban y con una probeta se midió el volumen de la raíz en cm<sup>3</sup>.

$$\text{Volumen promedio de raíz por unidad experimental} = \frac{\text{Volumen desplazado}}{\text{número de estacas en total}}$$

**Porcentaje de esquejes enraizados**

Para determinar la cantidad en porcentaje de material vegetativo enraizado se tomó en cuenta todos los individuos de la unidad experimental, sometiendo los datos a la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de esquejes enraizados} = \frac{\text{Número de Estacas enraizadas}}{\text{número de estacas en total}} * 100$$

Es efectivo enfatizar que los datos obtenidos en campo no cuentan como una distribución normal, para lo cual estos fueron transformados para poder realizar el análisis de varianza “ANDEVA”, en el cual se empleó la siguiente fórmula:

**Sen-1(√Proporción)**

Donde se obtiene el seno inverso, a la raíz cuadrada del porcentaje de raíces en proporción.

- **Análisis de la información**

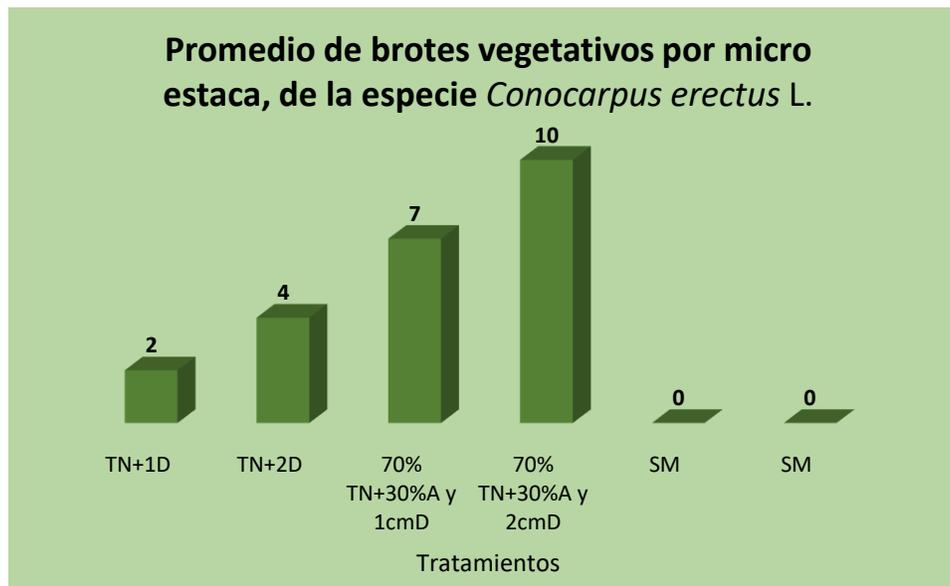
Los datos que se obtuvieron de la recolección se transformaron y se realizaron análisis de varianzas para cada una de las variables y se tomó en cuenta cinco por ciento de significancia, cada análisis se realizó con el Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows “InfoStat”

Las pruebas de Tukey se realizaron con un nivel de significancia del cinco por ciento para determinar el mejor tratamiento.

#### 4.2.8. Presentación y discusión de resultados de la investigación de propagación de micro estacas con el método cámara húmeda.

##### 4.2.8.1. Resultados de la producción de brotes por tratamiento.

Según monitoreos realizados, el número de brotes tuvo variaciones con respecto a cada tratamiento, en el tratamiento evaluado con tierra negra y estacas de un centímetro de diámetro se obtuvo en promedio dos brotes, en el tratamiento con tierra negra y estacas de dos centímetros de diámetro se registró cuatro brotes en promedio, en el tratamiento evaluado con 70% tierra negra más 30% arena y estacas de un centímetro de diámetro se observó siete brotes, el tratamiento evaluado con 70% tierra y 30% arena con estacas de dos centímetros de diámetro produjo 10 brotes en promedio por estaca, y por ultimo todos los tratamientos evaluados con suelo del área manglar no emitieron ningún brote, debido a la muerte de todas las estacas evaluadas después de los siete días de establecido el experimento, estos resultados se presentan en la siguiente grafica.



**Figura 22. Promedio de brotes en esquejes de la especie *C. erectus* L. por cada tratamiento.**



**Figura 23. Estacas con presencia de brotes vegetativos.**

#### **4.2.8.2. Efecto de los tratamientos sobre el volumen de raíz de la especie *C. erectus* L.**

Los datos expresados en la siguiente tabla detallan el análisis de varianza, el cual indica que existe diferencia significativa entre los sustratos (factor A), puesto que el p-valor es menor de 0.01, mientras que no se encontró diferencia significativa el efecto del diámetro de los esquejes (factor B) sobre el volumen de raíces producidas; tampoco se encontró diferencias significativas entre la interacción de los factores AxB para la producción de volumen de raíces. A esto también se le agrega que el coeficiente de variación se encuentra dentro del rango aceptable, que es menor del 20%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

**Tabla 11. Análisis de varianza Para la producción de volumen de raíces de estacas de *C. erectus* L., en cámara húmeda.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.72	8	0.71	9.90	0.0001
BLOQUE	0.25	3	0.08	1.18	0.3521
FAC A	5.01	2	2.50	34.67	<b>&lt;0.0001 **</b>
FAC B	0.30	1	0.30	4.21	0.0581
FAC A*FAC B	0.15	2	0.08	1.06	0.3723
Error	1.08	15	0.07		
Total	6.80	23			

C.V. = 16.3%

A continuación, se presenta que la prueba de medias de Tukey, al 5% de significancia, los sustratos que produjeron el mayor volumen de raíz fueron la combinación de 70% tierra negra + 30% arena, así como en el sustrato en el cual se utilizó únicamente suelo, estos dos sustratos son iguales estadísticamente al contrario del sustrato con suelo manglar que produjo menor volumen de raíces, siendo diferente estadísticamente a los otros sustratos evaluados.

**Tabla 12. Prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia para el factor sustratos de la investigación propagación de *Conocarpus erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

FAC A	Medias Tranf	MEDIA (VOLUMEN RAIZ)	SIGNIFICANCIA	
70% Suelo y 30% arena	1.98	3.1	A	
Suelo	1.96	3.0	A	
Suelo manglar	1.00	0.0		B

Comparador de Tukey (W) = 0.34896

#### 4.2.8.3. Efecto de los tratamientos sobre la producción de raíces en los esquejes de *C. erectus* L., con el método de cámara húmeda.

Se presenta de acuerdo al análisis de varianza, que existe diferencia significativa entre los sustratos (factor A), pues el p-valor es menor a 0.01, a diferencia de los diámetros evaluados (factor B) el cual el p-valor es mayor a 0.05, de la misma forma no existe interacción entre los niveles AxB.

El sustrato con mayor porcentaje de enraizamiento de estacas es el compuesto por 70% suelo franco + 30% arena obteniendo un porcentaje de 67.5% de esquejes enraizados, esto se debe a que la arena permite mayor crecimiento longitudinal y el suelo aporta nutrientes y mejora la retención de agua, así mismo el suelo utilizado no contiene altos niveles de salinidad como sucede con el suelo del área manglar.

**Tabla 13. Andeva Porcentaje de esquejes enraizados de *C. erectus* L., con el método de cámara húmeda.**

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
BLOQUE	5.71	3	1.90	1.10	0.3794
FAC A	205.40	2	102.70	59.37	<0.0001 **
FAC B	7.26	1	7.26	4.20	0.0584
FAC A*FAC B	8.47	2	4.24	2.45	0.1202
Error	25.95	15	1.73		
Total	252.79	23			

C.V.= 27.5%

La prueba múltiple de medias según Tukey al 5% de significancia, indica que el mejor sustrato para enraizamiento de estacas de *C. erectus* L., es la mezcla de 70% suelo y 30% arena con una media de 67.5 % de estacas enraizadas.

**Tabla 14. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, del factor A (sustratos), de la propagación de *C. erectus* L., por micro estacas con el método cámara húmeda.**

FAC A	Medias Transf	Media (% estacas enraizadas)			
70% Suelo y 30% arena	8.13	67.5	A		
Suelo	5.23	30		B	
Suelo del área manglar	1.00	0			C

Comparador de Tukey ( $W$ ) = 1.70811



**Figura 24. Estaca de la especie *C. erectus* L., enraizada en sustrato de suelo y arena.**

El segundo sustrato compuesto de suelo produjo 30 estacas enraizadas mientras que el sustrato de suelo del área manglar no produjo ninguna esta enraizada.



**Figura 25. Estaca de la especie *C. erectus* L., en sustrato de suelo.**

El sustrato de suelo de área manglar contiene altas cantidades de salinidad, pues la conductividad eléctrica fue de 4.26 milisiemens/cm (mS/cm) que es clasificado como suelo salino, que afecta el rendimiento de la mayoría de especies vegetales cultivadas (INTAGRI, 2017), por lo que la presión osmótica del suelo afecta los tejidos del esqueje, provocando estrés osmótico pues este rompe la homeostasis del potencial hídrico, y la estaca tiende a perder agua, por lo que la misma debe mantener un potencial hídrico más negativo que el sustrato para asegurar la absorción de agua y nutrientes, aunque los riegos se estén realizando con agua dulce.

**Tabla 15. Cuadro resumen porcentaje de enraizamiento y volumen de estacas de *C. erectus* L., con el método de cámara húmeda.**

Propagación por estacas con método cámara húmeda.				
Tratamientos	Sustratos	Diámetros cm	Porcentaje de estacas enraizadas	Volumen de raíz cm <sup>3</sup>
T1	Suelo	1	30	3
T2	Suelo	2	30	3
T3	70% suelo y 30% arena	1	67	3.1**
T4	70% suelo y 30% arena	2	67	3.1**
T5	Suelo del manglar	1	0	0
T6	Suelo del manglar	2	0	0

#### 4.2.9. Conclusiones específicas

El sustrato con mayor porcentaje de esquejes enraizados fue el de 70% suelo + 30% arena con un porcentaje de 67.5% de estacas enraizadas con un volumen promedio de 3.1 ml de raíz.

Se determinó que los diámetros no tienen diferencia significativa, por lo tanto, ambos diámetros pueden ser utilizados para la propagación asexual de la especie de mangle botoncillo *C. erectus* L., con el método de cámara húmeda.

#### 4.2.10. Recomendaciones

1. Realizar riegos periódicos dependiendo de la humedad del sustrato.
2. Colocar sarán 50% sombra sobre las plantas en cámara húmeda para evitar el sobre calentamiento de la misma.
3. Realizar monitoreos periódicos para prevenir enfermedades fúngicas por el microclima que se maneja en la cámara húmeda.
4. Realizar investigaciones sobre sustratos para mejorar el desarrollo del sistema radicular de la especie *C. erectus* L., en propagación asexual y asegurar la sobrevivencia en campo.

### **4.3. Evaluación de la propagación de *C. erectus* L., por medio de esquejes en tres sustratos, en condiciones climáticas de Finca Cataluña, El Manchón Guamuchal.**

#### **4.3.1. Definición del problema**

El Instituto Nacional de Bosques por medio del encargado de mangle a nivel nacional ha intentado realizar propagación asexual de la especie *C. erectus* L., en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu, debido a que esta finca alberga bosques naturales de mangle botoncillo *C. erectus* L., y tiene el interés de realizar restauraciones con la especie *C. erectus* L., sin embargo aún no cuentan con una metodología fundamentada en análisis estadístico, que permita tomarse como base para la propagación de la especie.

Como anteriormente se menciona no se tienen datos cuantitativos para determinar la efectividad de este tipo de propagación, por tal razón, se plantea realizar una investigación por medio de propagación por estacas con diámetros de tres y cinco centímetros en condiciones climáticas de finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.

#### **4.3.2. Justificación**

La especie de mangle *C. erectus* L., ha sido una de las especies con bajo porcentaje de propagación y regeneración natural, sin embargo, uno de los métodos de propagación que se intentó realizar en el año 2017 quedó inconclusa por diferentes condiciones ambientales y mecánicas del área.

Por lo tanto, se considera realizar una investigación donde se trabaje material vegetativo de diámetros de tres y cinco centímetros con longitudes de 30 cm, evaluados en tres sustratos el primero compuesto por 70% suelo tipo franco arcillo arenoso y 30% de arena, el segundo por suelo del área de mangle y el último solo con arena, estos ensayos ayudarán a determinar el porcentaje de éxito de este método de propagación y la metodología para realizar el mismo en caso de que la investigación presente buenos resultados.

### **4.3.3. Marco teórico**

#### **4.3.3.1. Propagación por estacas**

La evaluación por medio de estacas de la especie de mangle *C. erectus* L., proporciono resultados a los 15 días de establecido el experimento, produciendo los primeros brotes en 44 de 100 estacas establecidas y después de tres meses de evaluación se constató la sobrevivencia de 19 de estacas, con un número de brotes promedio de 18 brotes por estaca y con sistema radicular primario de 1 a 18 raíces principales, solo seis estacas produjeron un máximo de seis raíces adventicias. Rivera Orellana (2013)

#### **4.3.3.2. Características de suelos productivos.**

Los suelos productivos se caracterizan por cumplir con los requerimientos de las plantas como contenido de 4% de materia orgánica, buena estructura, potencial de hidrogeno neutro o cercano, niveles adecuados de nutrientes, sin exceso de sales o metales que sean tóxicos además deben tener microorganismos que permitan descomponer materiales y los conviertan en soluciones nutritivas aprovechables para las plantas. (Ortega, 2020)

#### **4.3.3.3. Conductividad eléctrica de suelos**

La conductividad eléctrica es la capacidad que se tiene para la transmisión de la corriente eléctrica en el agua esta se suele expresar en milisiemens/cm y se relaciona con la concentración de sales disueltas.

La conductividad eléctrica presente en el suelo tiene alta influencia en el esfuerzo que debe de generar la planta para la obtención de nutrientes y agua, la salinidad en el suelo se mide mediante un rango en milisiemens.

**Tabla 16. Rangos de salinidad en milisiemens**

<b>CE (mS/cm)</b>	<b>Salinidad</b>
Menor a 0,8	Baja
0,8-1,6	Media
1,6-3,0	Alta
3,0	Muy alta

**Fuente: INTAGRI (2017)**

#### **4.3.3.4. Reproducción por esquejes**

La reproducción asexual por esquejes consiste en tomar una porción del individuo que se quiere reproducir este debe ser de 20 cm de longitud. Existen dos tipos de esquejes para enraizar siendo esquejado leñoso de arbustos con hoja caduca o perenne y esquejado semi leñoso tomando esquejes de 15 cm de longitud. (Elorza, 2016)

Los parámetros del éxito de un alto porcentaje de enraizamiento son longitud de la estaca de 15 a 20 cm, diámetro mayor a 6mm, cortes biselados, el corte de la base debe hacerse por debajo de un nudo, eliminar las hojas de la estaca, aplicar una hormona promotora de enraizamiento para estacas leñosas es preferible que esta sea líquida para facilitar su absorción. (Elorza, 2016)

#### **4.3.3.5. Factores de importancia en la propagación por estacas en árboles forestales.**

Según Iglesias Gutiérrez (1996). Los árboles deben ser adultos para expresar su fenotipo, pero se debe tomar material rejuvenecido para la propagación, la posición en la copa del material a propagar debe ser lateral y con intensidad de luz solar, la época de colecta debe realizarse a inicios de la época lluviosa, las características de las estacas deben ser con longitud mayor a 30 cm, vigorosas, jóvenes y sanas.

También se considera el uso de sustancias promotoras del enraizamiento provenientes de las auxinas como ácido indol butírico, ácido indolacético y ácido naftalenacético, Gutiérrez recomienda 5000-7000 ppm para especies difíciles de enraizar de madera semidura y dura sin importar si son de hojas perennes o caducas.

#### **4.3.3.6. Condiciones ambientales en la propagación por estacas.**

Debe considerarse la temperatura y humedad relativa, es indispensable la humedad relativa mayor al 60% permitiendo reducir el estrés debido a la transpiración, la temperatura debe fluctuar entre 20 y 22°C para que haya fácil movimiento de auxinas hacia la base de la estaca y no se limite su enraizamiento. (Iglesias Gutiérrez, 1996)

#### **4.3.4. Marco referencial de la investigación propagación por estacas en condiciones de Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

##### **4.3.4.1. Ubicación del experimento**

La investigación se desarrolló en las coordenadas 14°28'46.17" N 92°0'38.59" O Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu

##### **4.3.4.2. Características climáticas de Finca Cataluña, Retalhuleu**

La finca Cataluña se ubica a una altura de 14 metros sobre el nivel del mar y cuenta con un clima húmedo y cálido, con una temperatura promedio de 27°C con una precipitación pluvial de 300 mm en los meses más lluviosos que son de mayo a octubre con una humedad relativa de aproximadamente del 75% (Climatico, 2022)

##### **4.3.4.3. Periodo de desarrollo de la investigación.**

La investigación se desarrolló en los meses de marzo a junio del año 2022.

##### **4.3.5. Objetivos específicos**

Determinar el efecto del sustrato de arena, suelo franco arcillo arenoso y suelo manglar para el enraizamiento de estacas de la especie *C. erectus* L.

Determinar el diámetro de las estacas que genere mayor volumen y porcentaje de enraizamiento por estaca. de *C. erectus* L.

#### **4.3.6. Hipótesis**

Ho 1. Ninguno de los sustratos evaluados muestra una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje estacas enraizadas y volumen de raíz.

Ho 2. Ninguno de los dos diámetros de estacas evaluados tres y cinco centímetros muestra una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje estacas enraizadas y volumen de raíz.

Ho 3. No existe interacción entre los sustratos y los diámetros evaluados.

#### **4.3.7. Metodología de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L. en tres sustratos, en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

##### **4.3.7.1. Materiales**

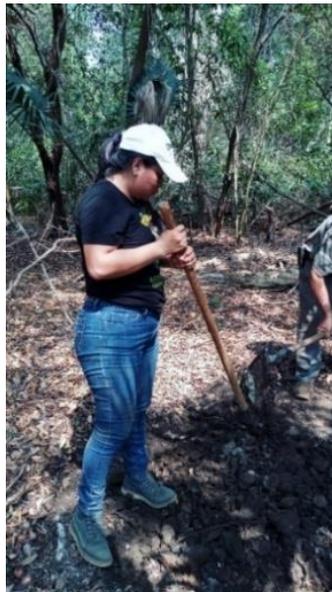
- ✓ 15 gramos de hormona ácido indol-butírico
- ✓ 5 gramos de fungicida banrot
- ✓ 2 sierras
- ✓ 2 hieleras
- ✓ 4 rollos de papel aluminio
- ✓ 2 machetes
- ✓ 2 palas
- ✓ 1 cubeta de 5 galones
- ✓ 1 libreta de campo
- ✓ 1 bomba de mochila de 16L
- ✓ 5 costales de quintal
- ✓ 120 bolsas de 16 cm D\* 30 cm A
- ✓ 0.38 m<sup>3</sup> de tierra negra
- ✓ 0.38 m<sup>3</sup> de arena
- ✓ 0.38 m<sup>3</sup> de suelo manglar
- ✓ 1 pliego de acetato

- ✓ 1 botella de pintura en aerosol color blanco
- ✓ 60 esquejes de *C. erectus* L. con diámetros de 3 cm
- ✓ 60 esquejes de *C. erectus* L. con diámetros de 5 cm
- ✓ 30 ppm de IBA (Rotex IBA 3%)

#### 4.3.7.2. Metodología

- **Recolección de material para elaboración de sustratos.**

- ✓ Se recolectó 0.38 m<sup>3</sup> suelo manglar en sector San Pedrito ubicado en finca Cataluña, Caballo Blanco.
- ✓ Se recolectó 0.38 m<sup>3</sup> de tierra negra en el casco de la finca Cataluña.
- ✓ Se recolectó 0.38 m<sup>3</sup> de arena en los alrededores de finca Cataluña.
- ✓ Luego se cernieron los tres sustratos cada uno por separado.
- ✓ En una cubeta se procedió a realizar la mezcla de 70% tierra negra y 30% arena.
- ✓ Con los sustratos libres de piedras y otros agentes mecánicos se procedió al llenado de bolsas siendo 40 bolsas de área, 40 de suelo manglar y 40 de tierra negra 70% y arena 30% para un total de 120 bolsas.
- ✓ La ubicación de las bolsas se realizó en el casco de la finca Cataluña, Caballo Blanco, con base en el croquis de campo planteado en el diseño experimental.



**Figura 26. Colecta de suelo del área manglar**



**Figura 27. Elaboración de sustratos**

- **Recolección y manejo de material vegetativo**

Se seleccionaron árboles promisorios tomando con características aceptables como diámetro a la altura del pecho mayor a 5 cm, altura dominante, forma de copa y fitosanidad.

Se seleccionó las estacas con medidas que se presentan en el siguiente cuadro.

**Tabla 17. Diámetros y longitud de material vegetal para la propagación por estacas de la especie *C. erectus* L., en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu**

No.	Diámetro Cm	Longitud de esqueje Cm
1	3	20
2	5	20

Se desinfectó los materiales a utilizar con alcohol al 70% para realizar los cortes de las estacas y los cortes realizados fueron biselados.

Se trasladó el material vegetativo al área del experimento, en recipientes con hielo para evitar la deshidratación.



**Figura 28. Colecta de material vegetativo.**



**Figura 29: Inmersión de estacas en solución de ácido indol butírico a 30ppm**

- **Siembra de estacas de *C. erectus* L.**

Se llenaron 40 bolsas con sustrato de tierra negra, 40 bolsas con sustrato de 70% Suelo y 30% arena y 40 bolsas con sustrato de suelo manglar.



**Figura 30: Colocación de bolsas**

Previo a la siembra se sumergió el primer tercio de la estaca en el enraizador a base de fitohormonas IBA a una dosificación de 30 ppm por un periodo de 20 minutos.

Luego se sembró en el sustrato previamente desinfectado y luego se regó.



**Figura 31: Siembra de estacas de *C. erectus* L.**

- **Ubicación del experimento de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo blanco, Retalhuleu.**



**Figura 32: Establecimiento de área experimental.**

- **Manejo del experimento de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo blanco, Retalhuleu.**

Se monitoreó una vez por semana determinando la evolución del material y diariamente se verificó la humedad del sustrato.

- **Diseño experimental de la propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo blanco, Retalhuleu.**

Se consideró que las condiciones en el área del establecimiento de la investigación serían homogéneas y controlables se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial combinatorio.

- **Modelo Estadístico**

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB) + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = efecto de la  $ijk$  – ésima tipos de sustrato y diámetros de estacas

$\mu$  = Media general.

$A_i$  = Efecto de la  $i$  – ésima tipos de sustrato.

$B_j$  = Efecto de la  $j$  – ésima diámetros de estacas.

$AB_{ij}$  = Interacción de la  $i$  – ésima tipos de sustrato y la  $j$  – ésima diámetro de estacas.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$  - ésima unidad experimental.

- **Tratamientos y aleatorización de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo blanco, Retalhuleu.**

En total fueron seis tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales, dado que se evaluó tres sustratos como tierra negra, sustrato compuesto de 30% Arena + 70% suelo franco arcillo arenoso y suelo manglar, en interacción con estacas de diámetros de tres centímetros y cinco centímetros la aleatorización y composición de tratamientos de acuerdo a los factores se presentan:

**Tabla 18. Tratamientos utilizados en el diseño experimental de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

Tratamientos	Factor A (sustratos)	Factor B (diámetros cm)
1	Suelo	3
2	Suelo	5
3	70% Suelo y 30% arena	3
4	70% Suelo y 30% arena	5
5	Suelo del área manglar	3
6	Suelo del área manglar	5

#### 4.2.7.1. Grados de libertad

Para calcular los grados de libertad se usó la fórmula  $G.L = (A*B) * (R-1)$  donde A y B son los factores a evaluar y R es el número de repeticiones.  $G.L = (3*2) * (4-1) = 18$

- **Croquis de aleatorización de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

Para la distribución de los tratamientos se empleó el método de la tómbola, dando como resultado el arreglo en el croquis que se presenta a continuación.

**Tabla 19. Croquis de aleatorización de los tratamientos de la investigación propagación por estacas de *C. erectus* L., en condiciones climáticas de Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

Bloque I	T5R2	T2R2	T4R1	T2R3	T3R1	T5R1
Bloque II	T1R1	T6R2	T6R3	T5R3	T2R4	T3R3
Bloque III	T4R2	T6R1	T1R3	T1R2	T4R3	T4R4
Bloque IV	T3R4	T2R1	T5R4	T6R4	T1R4	T3R2

- **Variables de respuesta**

#### **Volumen de raíz por esqueje**

Esta variable se midió al final de la evaluación, para ello se tomaron todos los individuos de cada unidad experimental a los cuales se les quitará las raíces que presenten y con una probeta se le midió el volumen en  $\text{cm}^3$  de las raíces, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen de raíz por esqueje} = \frac{\text{Volumen desplazado}}{\text{número de microestacas}}$$

#### **Porcentaje de esquejes enraizados**

Para determinar la cantidad en porcentaje de material vegetativo enraizado se tomó de referencia todos los individuos de cada unidad experimental, sometiendo los datos a la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje esquejes enraizados} = \frac{\text{NE enraizadas}}{\text{número de estacas en total}} * 100$$

Es efectivo enfatizar que los datos obtenidos en campo no cuentan como una distribución normal, para lo cual estos fueron transformados para poder realizar el análisis de varianza, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

### **Sen-1( $\sqrt{\text{Proporción}}$ )**

donde se le obtiene el seno inverso, a la raíz cuadrada del porcentaje presentado en proporción.

- Análisis de la información**

Con los datos que se obtuvieron después de la recolección y transformación se realizaron análisis de varianzas ANDEVA para cada una de las variables y se tomó en cuenta el cinco por ciento de significancia, cada análisis se realizó con el Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows "InfoStat"

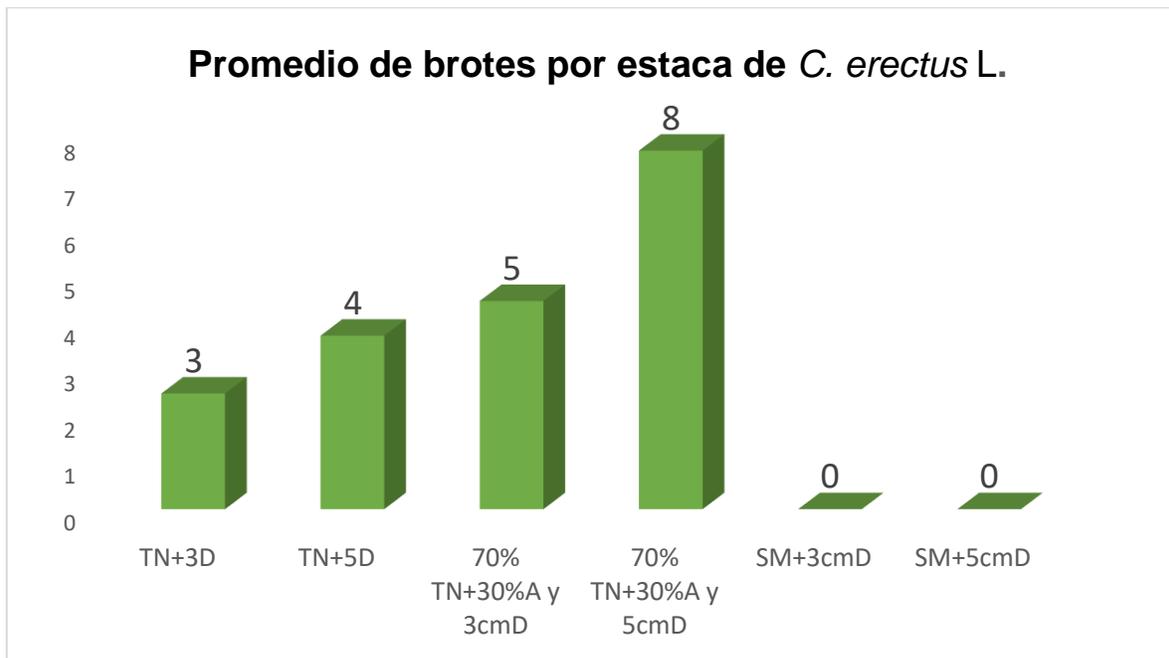
Las pruebas múltiples de Tukey se realizaron con un nivel de significancia del cinco por ciento para determinar el mejor tratamiento.

#### **4.3.8. Presentación y discusión de resultados de la investigación propagación por estacas en condiciones climáticas de Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

##### **4.3.8.1. Efecto de los tratamientos sobre la producción de brotes de la especie *C. erectus* L.**

Se obtuvo como resultado que el tratamiento uno compuesto por tierra negra más estacas de tres centímetros de diámetro produjo tres brotes en promedio, el tratamiento dos constituido por tierra negra con estacas de cinco centímetros produjo cuatro brotes, mientras que los tratamientos con 70% tierra negra más 30%

arena y estacas de tres centímetros produjeron cinco brotes y el tratamiento cuatro de 70% tierra negra y 30% arena con estacas de cinco centímetros de diámetro produjo ocho brotes en promedio. Las estacas evaluadas en sustrato compuesto por suelo del área manglar no sobrevivieron, los resultados se reflejan en la siguiente grafica.



**Figura 33. Promedio de brotes de *C. erectus* L. por estaca.**



**Figura 34. Presencia de brotes en estacas de la especie de mangle *C. erectus* L.**

**4.3.8.2. Resultados del volumen de raíz, bajo los tratamientos evaluados.**

Los datos presentados en la -tabla 21- indican según el análisis de varianza que existe diferencia significativa entre los sustratos (factor A), tomando en cuenta que el p-valor es menor a 0.01, a diferencia de los diámetros evaluados (factor B) que en los niveles no muestran diferencia pues el p-valor es mayor a 0.05, de la misma forma no existe interacción entre ambos factores AxB.

También se hace mención que el rango aceptable de coeficiente de variación es de 20% y el coeficiente de variación obtenido es de 6.7% lo que indica que el experimento fue evaluado y manejado correctamente.

**Tabla 20. Cuadro de análisis de la varianza volumen de raíz de estacas de la especie *C. erectus* L., de la investigación establecida en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.03	3	0.01	0.61	0.6200
FAC A	8.90	2	4.45	290.61	<0.0001 **
FAC B	0.01	1	0.01	0.68	0.4223
FAC A*FAC B	0.04	2	0.02	1.17	0.3370
Error	0.23	15	0.02		
Total	9.20	23			

C.V. = 6.7%

La prueba de medias de Tukey al 5% indica que el sustrato compuesto por 70% tierra negra y 30% arena produjo el mayor volumen de raíz con una media de 4.7 cm<sup>3</sup>, seguida del sustrato de tierra negra que obtuvo en volumen de raíz 3.8 cm<sup>3</sup>, luego se registra el sustrato de suelo manglar obteniendo el menor volumen de raíz.

**Tabla 21. Prueba de medias de Tukey (5%) de los sustratos (factor A), de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

FAC A	Medias Transf.	Medias (vol de raíz de estacas)	Significancia		
70% Suelo y 30% arena	2.38	4.7	A		
Suelo	2.19	3.8		B	
Suelo del área manglar	1.00	0.0			C

Comparador de Tukey (W) = 0.16



**Figura 35. Colecta de datos de volumen de raíz por estaca (I).**



**Figura 36. Colecta de resultados del volumen de raíz por estaca (II).**

#### 4.3.8.3. Efecto de los tratamientos evaluados sobre el porcentaje de estacas enraizadas.

En la tabla 23 se presenta el análisis de varianza que indica que el factor A (sustratos) tiene diferencia significativa pues el p-valor es menor a 0.01, mientras que factor B (diámetros) el p-valor es mayor a 0.05 lo cual indica que estadísticamente no tienen diferencia significativa, de la misma forma la interacción de los factores AxB el p-valor es mayor a 0.05 lo que indica que no tiene diferencia significativa.

El coeficiente de variación se encuentra dentro del rango aceptable teniendo un valor de 10.8% lo que indica que el experimento se manejó correctamente.

**Tabla 22. Análisis de varianza de porcentaje de estacas de *C. erectus* L., enraizadas, de la investigación establecida en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
BLOQUE	4.01	3	1.34	3.19	0.0542
FAC A	305.29	2	152.65	364.21	<b>&lt;0.0001 **</b>
FAC B	0.17	1	0.17	0.40	0.5378
FAC A*FAC B	0.08	2	0.04	0.10	0.9060
Error	6.29	15	0.42		
Total	315.84	23			

C.V.=10.8%

La prueba de medias al 5% de significancia en la tabla 24 determina, que el sustrato 70% suelo franco arcillo arenoso y 30% arena produjo el mayor porcentaje de estacas enraizadas con un 82.5%, seguido del 62.5% de estacas enraizadas lo produjo el sustrato 100% suelo franco arcillo arenoso y por último el sustrato con menos estacas enraizadas aportando el 0% es el 100% suelo manglar, siendo estadísticamente diferente a los otros dos sustratos evaluados.

**Tabla 23. Prueba de medias de Tukey (5%) de los sustratos evaluados (factor A), de la investigación de propagación de estacas de *C. erectus* L., en tres sustratos, desarrollado en Finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.**

FAC A	Medias Transf.	Medias % Estacas Enr			
70% Suelo y 30% arena	9.08	82.5	A		
Suelo	7.93	62.5		B	
Suelo del área manglar	1.00	0.0			C

Comparador de Tukey ( $W$ ) = 0.841

Cuidadosamente se extrajo la bolsa haciendo una incisión longitudinal y posteriormente se separaron las raíces unas de otras, el sustrato compuesto por tierra y arena se desmoronó más fácilmente a comparación de los otros sustratos conservando la estructura de la raíz. En este sustrato se encontró insectos de la familia *Formicidae*.



**Figura 37. Colecta de resultados**

Las estacas de *Conocarpus erectus* L., con diámetros de tres y cinco centímetros suelen ser leñosas lo que dificulta la colecta y manejo, sin embargo, en la investigación se obtuvo como resultado que tienen la capacidad de emitir primordios radiculares como se observa en la siguiente figura.



**Figura 38. Medición de volumen de raíces de estacas de *C. erectus* L.**

**Tabla 24. Cuadro resumen porcentaje de enraizamiento y volumen de estacas de *C. erectus* L., de la investigación establecida en Finca Cataluña, Retalhuleu.**

Tratamientos	Sustratos	Diámetros de estaca	Porcentaje de estacas enraizadas	Volumen en cm <sup>3</sup> de raíz
T1	Suelo	3 cm	62	3.8 ml
T2	Suelo	5 cm	62	3.8 ml
<b>T3</b>	<b>Mezcla de 70% suelo y 30% arena</b>	3 cm	<b>82</b>	<b>4.7 ml</b>
<b>T4</b>	<b>Mezcla de 70% suelo y 30% arena</b>	5 cm	<b>82</b>	<b>4.7 ml</b>
T5	Suelo del manglar	3 cm	0	0
T6	Suelo del manglar	5 cm	0	0

#### 4.3.8.4. Conclusiones específicas

El sustrato compuesto por 70% suelo franco arcillo arenoso y 30% arena, produjo el 85% de estacas enraizadas y 4.7 cm<sup>3</sup> de volumen de raíz por estaca, seguido por el sustrato 100% suelo franco arcilloso arenoso que produjo 62.5% de estacas enraizadas con volumen de 3.8 cm<sup>3</sup>.

Los diámetros evaluados de tres y cinco centímetros de estacas de *Conocarpus erectus* L., no presentaron diferencia, por lo tanto, se asume que ambos diámetros pueden ser utilizados para la propagación por estacas en condiciones climáticas o parecidas a las de finca Cataluña, Caballo Blanco, Retalhuleu.

#### 4.3.8.5. Recomendaciones

1. Realizar monitoreos periódicos para control de plagas del suelo y del follaje.
2. Se recomienda realizar dos riegos por día siendo uno por la mañana y el segundo por la tarde.
3. Aplicar al suelo un insecticida para el control de “gallina ciega” *Phyllophaga* spp.
4. Realizar evaluaciones de porcentaje de sobrevivencia en campo de plantas provenientes de estacas de *C. erectus* L.

#### **4.4. Evaluación de la propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.**

##### **4.4.1. Definición del problema.**

El ecosistema manglar alberga cuatro especies que son catalogadas de importancia institucional para el INAB, siendo de las cuatro especies la de mangle *Conocarpus erectus* L., la que presenta poca cobertura forestal y dificultad de regeneración natural, así como también dificultad de propagación de forma sexual debido al bajo porcentaje de germinación y asexual debido a la limitada disponibilidad de material vegetativo.

Por lo tanto, en la oficina subregional de INAB IX-3, Retalhuleu, se ha considerado la especie *C. erectus* L., como prioridad para alternativas de propagación en este caso la propagación por acodos aéreos aportará conocimientos sobre la propagación de la especie con este método y permitirá el aprovechamiento al máximo del material vegetativo ya que se extraerá el material solamente si este presenta primordios radiculares.

##### **4.4.2. Justificación**

El Instituto Nacional de Bosques INAB-IX-3 no posee información con respecto a alternativas para la propagación asexual de la especie de mangle *C. erectus* L., entre ellas la reproducción por acodos aéreos.

Por lo tanto, se plantea realizar una investigación sobre la propagación de *C. erectus* L., utilizando la metodología de acodos aéreos con diferentes sustratos como suelo manglar y 70% suelo del área de mangle y 30% arena y dos concentraciones de enraizante a base de fitohormonas, para determinar la capacidad de propagación de la especie *C. erectus* L., por medio de acodos aéreos y en último caso, determinar el tratamiento que genere mayor porcentaje de éxito en cuanto a volumen de raíz por acodo y porcentaje de acodos aéreos enraizados y de esta forma generar información metodológica efectiva para la propagación de la especie en finca Brisas del Mar, comunidad del municipio de Champerico, Retalhuleu.

### **4.4.3. Marco teórico**

#### **4.4.3.1. Propagación por acodos aéreos.**

La propagación por acodos aéreos registró las primeras raíces adventicias en 30 de 100 acodos, a los 15 días después de establecidos los acodos aéreos, mientras que pasados los tres meses de evaluación se obtuvo como resultado la producción de 30 acodos viables, 54 acodos formaron callosidad, pero no raíces y 16 acodos no mostraron ningún desarrollo de sistema radicular. (Rivera Orellana 2013)

#### **4.4.3.2. Generalidades de la propagación por acodos aéreos.**

Consisten en hacer heridas o cinchando y aplicando enraizador en el área, los acodos deben realizarse al finalizar la época seca y en ramas con un año de edad. (Iglesias Gutiérrez, 1996)

El proceso de realización de un acodo efectivo es eliminar la corteza del tallo en un tramo de dos centímetros, aplicar enraizador, colocar en la herida un medio que permita conservar la humedad, colocar plástico alrededor y amarrar los extremos para conservar la humedad interna del acodo. (Iglesias Gutiérrez, 1996)

Después de obtener el acodo enraizado se recomienda podar la rama para reducir actividad metabólica, la planta debe separarse de la madre y colocarse en un sitio donde exista humedad relativa alta mayor al 60% y sombra. (Iglesias Gutiérrez, 1996)

#### **4.4.3.3. Promotores radiculares**

- **Hormona vegetal**

Son compuestos naturales producidos en las plantas y son las que definen el desarrollo de las mismas, estas se sintetizan en un órgano de la planta a concentraciones relativamente bajas menores a una parte por millón, las hormonas vegetales son las encargadas de regular eventos fisiológicos. (Diaz Montenegro, 2017)

- **Hormona vegetal auxina en acodos de *C. erectus* L.**

Son promotoras del alargamiento celular y la regulación de la permeabilidad de la membrana celular son algunas de sus principales funciones, las plantas pueden obtener auxinas por dos vías ya sea de manera natural, o de manera sintética entre ellas el ácido indol-butírico (AIB). (Agran, 2021)

- **Influencia del ácido indol butírico en el enraizamiento de acodos aéreos.**

El ácido indol butírico es una fito hormona que estimula el enraizamiento en las plantas esta hormona es una auxina que tiene una actividad auxínica débil debido a esto los sistemas de enzimas destructores de auxinas lo destruyen en forma relativamente lenta de ahí se obtiene su efectividad. (Hernández J. , 2004)

#### **4.4.4. Marco referencial de la investigación de propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.**

##### **4.4.4.1. Ubicación del experimento**

La investigación se desarrolló en las coordenadas 14°21'50.12" N 21°59'20.59" Finca Brisas del Mar Champerico, Retalhuleu.

##### **4.4.4.2. Características climáticas**

Champerico se ubica a una altura de cinco metros sobre el nivel del mar y cuenta con un clima húmedo y cálido, la temperatura oscila de los 25°C a 36°C teniendo en cuenta que los meses más fríos son diciembre y enero y los meses más calurosos son abril y mayo, con una precipitación pluvial de 260 ml en los meses más lluviosos que son de mayo a octubre con una humedad relativa de aproximadamente del 70% (Camó, 2018)

##### **4.4.4.3. Periodo de desarrollo de la investigación.**

La investigación se desarrolló en los meses de marzo a junio del año 2022.

#### 4.4.5. Objetivos específicos

Determinar el sustrato que genere mayor volumen de raíz y porcentaje de acodos aéreos enraizados de la especie *C. erectus* L.

Determinar la concentración de ácido indol butírico que genere mayor volumen de raíz y porcentaje de acodos enraizados de la especie *C. erectus* L.

Determinar la combinación del sustrato y concentración de ácido indol butírico que genere mayor volumen y porcentaje de acodos enraizados de la especie *C. erectus* L.

#### 4.4.6. Hipótesis

Ho 1. Ninguno de los sustratos evaluados muestra una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje de acodos aéreos enraizados y volumen de raíz.

Ho 2. Ninguna de las concentraciones 5g/l y 10g/l de ácido indol butírico al 0.3% muestran una respuesta distinta en cuanto a las variables respuestas porcentaje acodos aéreos enraizados y volumen de raíz.

Ho 3. No existe interacción entre los sustratos y concentraciones de hormona ácido indol butírico al 0.3% evaluados.

#### 4.4.7. Metodología de la investigación de propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.

##### 4.4.7.1. Materiales

- ✓ 10 cuchillas o navajas afiladas
- ✓ 16 onzas de insecticida para plagas de suelo
- ✓ 15 gramos de hormona ácido indol-butírico 0.3%
- ✓ 5 gramos de fungicida 1g/l de Etridiazole 15% + MetilTiofanato 25%

- ✓ 120 vasos de 16 onz
- ✓ 2 machetes
- ✓ 2 palas
- ✓ 2 nylon negro con medidas 2m<sup>2</sup>
- ✓ 120 nylon negro con medidas 0.30mX0.30m
- ✓ 2 cintas diamétricas
- ✓ 120 pitas con 25cm de longitud
- ✓ 1 bomba de mochila de 16L
- ✓ 0.018 m<sup>3</sup> de arena
- ✓ 0.036 m<sup>3</sup> de suelo manglar
- ✓ 1 pliego de acetato
- ✓ 1 botella de pintura en aerosol color blanco
- ✓ 24 árboles promisorios con cinco ramas de diámetros de 2 a 5 cm.
- ✓ 45 ppm de IBA

#### 4.4.7.2. Metodología

- **Selección de material vegetativo de *C. erectus* L.**

Se utilizaron ramas de árboles con características fenotípicas como árboles vigorosos, sanos, con ramas de diámetros de dos a cinco centímetros y se utilizaron ramas ubicadas en el primer estrato del árbol para facilitar las actividades a realizarse.

- **Manejo de laceraciones del área basal de la rama seleccionada.**

Se utilizaron navajas afiladas para realizar cortes finos de la corteza en forma de anillo alrededor del área basal de dos centímetros de ancho, no se contó con una selección de ramas con respecto al diámetro, pues el material vegetativo a trabajar era escaso y difícil de alcanzar con respecto a la altura, es por ello que se utilizaron ramas ubicadas en el primer estrato del árbol.



**Figura 39. Selección y capacitación sobre realización de acodos aéreos.**

- **Elaboración de acodos aéreos.**

Se cubrieron las zonas donde se realizaron los cortes de las ramas con vasos de 16 oz., partidos por la mitad longitudinalmente colocando el sustrato de suelo manglar y mezcla de 70% Suelo del área manglar y 30% arena previamente esterilizado y se aplicó dependiendo del tratamiento 15 ppm o 30 ppm de regulador de crecimiento a base de fitohormonas ácido indol butírico en su presentación comercial Rotex al 3% de IBA, con una jeringa se aplicó por acodo cinco ml al sustrato y también al corte del área basal, luego se procedió a cerrar el vaso y cubrirlo con nylon negro el cual para después proceder a identificar el árbol con número de tratamiento y repetición.



**Figura 40. Preparación de sustratos**



**Figura 41. Preparación de solución de hormona a 15 ppm y 30 ppm.**



**Figura 42. Elaboración de acodos aéreos.**

- **Ubicación del experimento de propagación de acodos aéreos de *C. erectus L.* en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar, Champerico, Retalhuleu.**

El experimento se realizó en los árboles de *C. erectus L.* de la finca Brisas del Mar.

- **Manejo del experimento**

Se regaron los acodos dos veces al día usando botellas plásticas con orificios.

Se realizaron monitoreos periódicos para evitar presencia de plagas en los acodos.



**Figura 43. Monitoreo de acodos**

- **Diseño experimental de la investigación de propagación de acodos aéreos de *C. erectus L.* en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.**

Haciendo énfasis en que los árboles están en campo en condiciones diferentes se realizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo bifactorial combinatorio, cada árbol seleccionado correspondería a un bloque, evaluando dos sustratos diferentes y dos concentraciones de regulador de crecimiento los cuales son: Suelo manglar y una mezcla de suelo manglar con arena y dos dosis de hormona ácido indol butírico por litro siendo 15 ppm y 30 ppm.

- **Modelo estadístico**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, r \end{cases}$$

Siendo que:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta observada o medida (Volumen de raíz y porcentaje de acodos aéreos enraizados) en la  $ijk$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor "A" (Sustratos)

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor "B" (Dosis de enraizador)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor "A" y el  $j$ -ésimo nivel del factor "B"

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental

- **Tratamientos y aleatorización de la investigación de propagación de acodos aéreos de *C. erectus L.* en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.**

Se realizaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones para un total de 20 unidades experimentales dado que se evaluó dos sustratos 70% suelo manglar+30% arena y suelo manglar con dos concentraciones químicas puras de 15 ppm y 30 ppm de enraizante ácido indol butírico la cual se realizó en dos soluciones compuestas a 5g/L y 10g/L de Rotex al 3% en su forma comercial, los cuales se describen a continuación en forma física en partes por millón.

**Tabla 25. Tratamientos a utilizarse en el diseño experimental de la investigación de propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L. en dos sustratos en condiciones climáticas de Finca Brisas del Mar.**

Tratamientos	Factor A (sustratos)	Factor B (concentraciones ácido indol butírico al 0.3%)
1	Suelo manglar	15 ppm
2	Suelo manglar	30 ppm
3	70% Suelo del área manglar y 30% arena	15 ppm
4	70% Suelo del área manglar y 30% arena	30 ppm

- **Grados de libertad del error.**

Para determinar los grados de libertad del error se empleó la fórmula  $GLE = (4-1)(7-1) = 18$

- **Croquis de aleatorización de tratamientos en campo.**

La aleatorización correspondió a la ubicación de los árboles que reunieron las características necesarias como cantidad de ramas en el primer estrato, fitosanidad y vigorosidad.

- **Variables de respuesta**

**Volumen de raíz por acodo aéreo.**

Esta variable se midió al finalizar la evaluación, para ello se tomarán cinco acodos por tratamiento a los cuales se les quitó las raíces que presentaban y con una probeta evaluó el volumen en  $\text{cm}^3$  de las raíces, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen de raíz por acodo} = \frac{\text{Volumen desplazado}}{\text{número de acodos}}$$

**Porcentaje de acodos enraizados**

Para determinar la cantidad en porcentaje de material vegetativo enraizado se tomó de referencia toda la parcela de cada unidad experimental, sometiendo los datos a la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de acodos enraizados} = \frac{\text{número de acodos enraizadas}}{\text{total de acodos realizados}} * 100$$

Cabe destacar que los datos obtenidos en campo no contaban como una distribución normal, por lo tanto, fueron transformados para poder realizar el análisis de varianza “ANDEVA”, para ello se utilizó la siguiente fórmula:  $\text{Sen}^{-1}(\sqrt{\text{Proporción}})$

donde se obtiene el seno inverso, a la raíz cuadrada del porcentaje presentado en proporción.

- **Análisis de la información**

Los datos obtenidos después de la recolección y transformación fueron sometidos a un análisis de varianzas ANDEVA para cada una de las variables y se realizó con el cinco por ciento de significancia, cada análisis se realizó con el Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows “InfoStat”

Las pruebas múltiples de medias según Tukey se realizaron bajo un nivel de significancia del cinco por ciento para determinar el mejor tratamiento.

#### **4.4.8. Presentación y discusión de resultados de sustratos y fitohormonas evaluados en acodos aéreos de *C. erectus* L.**

##### **4.4.8.1. Efecto de los tratamientos evaluados sobre el volumen de raíz en acodos aéreos de la especie *C. erectus* L.**

De acuerdo al análisis de varianza sobre la variable respuesta volumen de raíz en acodos aéreos en la tabla 26 se registra que los niveles del factor A tiene diferencia significativa pues el p-valor es menor a 0.01, de la misma forma los niveles del factor B presentan el p-valor menor a 0.01 lo cual indica que tiene diferencia significativa, de forma contraria los factores en interacción AxB el p-valor es mayor a 0.05 lo cual indica que no tiene diferencia significativa.

El coeficiente de variación es de 11.9% menor al 20%, indicando que está en el rango aceptable y por lo tanto expresa que el experimento fue manejado correctamente.

**Tabla 26. Análisis de la varianza volumen de raíz en acodos aéreos de *C. erectus* L.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	2.67	5	0.53	1.60	0.2198
FAC A	53.70	1	53.70	160.90	<0.0001
FAC B	17.17	1	17.17	51.45	<0.0001
FAC A*FAC B	0.57	1	0.57	1.71	0.2108
Error	5.01	15	0.33		
Total	79.12	23			

C.V.=11.9%

De acuerdo a la prueba múltiple de medias de Tukey que se presenta bajo el 5% de significancia indicando que sobre la variable volumen de raíz el sustrato 70% SM y 30% arena dio como resultado 40.8 cc, mientras que el sustrato 100% suelo manglar está por debajo con 11.2 ml haciendo una diferencia entre ambos sustratos de 29.6 ml de volumen de raíz en acodos aéreos.

**Tabla 27. Prueba de medias de Tukey al 5% del factor A (sustratos), de la investigación propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L., en dos sustratos.**

FAC A	Medias transferidas	Media (vol de raíz)		
70% Suelo del área manglar Y 30% arena	6.35	40.8	A	
Suelo del área manglar	3.36	11.2		B

Comparador de Tukey (W) = 0.5027

La prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia, trabajada bajo la variable volumen de raíz determina que 30 ppm de hormona ácido indo butírico (factor B) presenta una media de 34.2 cm<sup>3</sup>, mientras que 15 ppm dio como resultado 17.8 cm<sup>3</sup> haciendo una diferencia entre ambas concentraciones de 16.4 cm<sup>3</sup> siendo la mejor dosificación de 30 ppm.

**Tabla 28. Prueba de medias de Tukey (5%) del factor B (gramos de ácido indol butírico por litro), de la investigación propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L.**

FAC B	Medias	Media (vol de raíz)		
10 g/l	5.70	34.2	A	
5 g/l	4.01	17.8		B

*Comparador de Tukey (W) = 0.5027*



**Figura 44: Volumen de raíz de acodos aéreos**

#### **4.4.8.3. Resultados de la evaluación de porcentaje de acodos enraizados.**

Se muestra el análisis de varianza sobre la variable porcentaje de acodos aéreos enraizados dando como resultado que los niveles del factor A (sustratos) tienen diferencia significativa pues el p-valor es menor a 0.05, mientras que el factor B no muestra diferencia significativa pues el p-valor es mayor a 0.05 y en la interacción de ambos factores AxB el p – valor es mayor a 0.05 indicando que no muestra diferencia significativa sobre la variable respuesta. Se obtuvo un coeficiente de variación mayor a lo aceptable y esto es debido a la disponibilidad limitada de

material vegetativo en el área, por lo tanto, se redujo la cantidad de acodos establecidos a un total de 120 acodos.

**Tabla 29. Análisis de varianza de porcentaje de acodos aéreos de *C. erectus* L., enraizados.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	34.63	5	6.93	1.15	0.3773
FAC A	34.56	1	34.56	5.74	<b>0.0300 **</b>
FAC B	0.11	1	0.11	0.02	0.8959
FAC A*FAC B	0.81	1	0.81	0.13	0.7194
Error	90.29	15	6.02		
Total	160.39	23			

C.V.=31.5%

La prueba múltiple de medias según Tukey al 5% de significancia trabajada bajo la variable respuesta porcentaje de acodos enraizados determina que el sustrato adecuado para el enraizamiento de acodos aéreos es el sustrato compuesto por 70% suelo manglar + 30% arena dando como resultado una media de 81.7%, mientras que el sustrato 100% de suelo manglar dio como resultado 15.7% estando por debajo de 66% de acodos aéreos enraizados con sustrato compuesto.

**Tabla 30. Prueba múltiple de medias de Tukey (5%) de factor A (Sustrato), de la investigación propagación de acodos aéreos de *C. erectus* L., en dos sustratos.**

FAC A	Medias Transf	Medias porcentaje de acodos enraizados		
70% Suelo y 30% arena	8.98	81.7	A	
Suelo del área manglar	6.58	15.7		B

Comparador de Tukey ( $W$ ) = 2.13

**Tabla 31. Cuadro resumen de los tratamientos evaluados en volumen y porcentaje de acodos enraizados de *C. erectus* L.**

Tratamientos	Sustratos	Factor B (IBA 0.3%)	Porcentaje de estacas enraizadas	volumen de raíz cm <sup>3</sup>
T1	Suelo del manglar	5	15	17.2
T2	Suelo del manglar	10	15	34.2
T3	Mezcla 70% suelo+30% arena	5	81	17.5
T4	Mezcla 70% suelo+30% arena	10	81	34.2

#### 4.4.8.4. Conclusiones específicas

El mayor porcentaje de acodos enraizados y volumen de raíz por acodo fue obtenido con la combinación de sustrato compuesto de compuesto por 70 por ciento suelo del área manglar + 30% arena obteniendo el 87% de acodos enraizados con 40.8 cm<sup>3</sup> de raíces por acodo.

La concentración 30 ppm de ácido indol butírico produjo mayor volumen de raíces por acodo con una media de 34.2 centímetros cúbicos, no teniendo significancia sobre el porcentaje de acodos enraizados.

#### 4.4.8.5. Recomendaciones

Se debe considerar la aplicación de insecticida para controlar plaga de la familia Rormicidae, dentro del sustrato del acodo aéreo.

Los riegos en época seca deben de realizarse diariamente y en época lluviosa se pueden hacer a cada dos días.

La extracción de los acodos enraizados debe realizarse a los 65 días de establecidos.

## V. Conclusiones generales

1. El método de escarificación con mayor porcentaje de germinación es la combinación de ácido sulfúrico al 5% y sombra del 50%, la cual produjo el 12% de semillas germinadas, siguiendo la escarificación mecánica y sombra del 50%, con el 8.8% de semillas germinadas.
2. Con base en los resultados obtenidos de los métodos de propagación se determinó que el método con mayor porcentaje de material enraizado es dado por el método de acodos aéreos, mostrando resultados en cuanto a porcentaje de acodos enraizados con el sustrato compuesto de 70% Suelo del manglar + 30% arena obteniendo un 81.7% de acodos enraizados con un volumen de 40.8 cm<sup>3</sup> de raíces por acodo. La concentración 30 ppm produjo mayor volumen de raíces por acodo con una media de 34.2 centímetros cúbicos, sin significancia sobre el porcentaje de acodos enraizados.

## VI. Recomendaciones generales

1. Para la propagación de micro estacas de *C. erectus* L. con el método de cámara húmeda se sugiere hacer monitoreos periódicos para controlar plagas y enfermedades debido al microclima que se genera en la cámara húmeda, así mismo se deben realizar riegos de acuerdo a la humedad del suelo evitando la sobre saturación del mismo y para evitar la exposición directa al sol de la cámara húmeda se debe colocar la cámara húmeda bajo sombra.
2. Durante la etapa de propagación de *C. erectus* L., en bolsa se debe mantener el control de plagas del suelo especialmente contra *Phyllophaga spp.* “gallina ciega” y el follaje con *Bemisia tabaci* “mosca blanca” e insectos de la familia *Formicidae*, también se pueden realizar dos riegos por la mañana y tarde con el fin de aumentar la humedad relativa, es importante evaluar la adaptabilidad de las estacas enraizadas, establecidas ya en campo, por lo tanto, es necesario realizar un estudio para determinar el proceso adecuado de establecimiento y asegurar el porcentaje de sobrevivencia.
3. En el tiempo de desarrollo de la investigación de propagación por acodos aéreos se encontraron insectos de la familia *Formicidae* dentro del acodo aéreo, por lo tanto, se debe utilizar biopreparados o químicos convencionales para el control de plagas, de igual forma se puede realizar evaluaciones sobre adaptabilidad de la planta obtenida por medio de acodo aéreo en campo definitivo utilizando diferentes diámetros de acodos.
4. Para la escarificación en la especie de mangle *C. erectus* L., es importante realizar evaluaciones porcentajes de ácido sulfúrico como agente para escarificación, incluir otros métodos de escarificación y así mismo evaluar la adaptabilidad del brinjal de acuerdo a la etapa fenológica que la especie presente.

## VII. Referencias

- Agran Liquid Technology. (AGRAN). (2021). *Uso de Auxinas*.  
<https://agran.es/auxinas-qué-son-y-para-qué-se-utilizan/>
- Basañez, A. (2011). *Germinación de semillas de Conocarpus erectus var. sericeus E. Forst. Ex dc. En condiciones de laboratorio*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000100005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100005)
- Camó, F. (2018). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y resumen de propuestas de inversión*.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0954\\_v3.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0954_v3.pdf)
- Castillo, D. (2013). *Enraizamiento de esquejes*.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v19n1/v19n1a15.pdf>
- Charuc Chip, J.F. (2016). *Evaluación de métodos de escarificación en semillas de Pacaína (Chamaedorea sp)*. [Tesis. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar].  
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/06/14/Charuc-Juan.pdf>
- Díaz Montenegro, D. (2017). *Las Hormonas Vegetales en las Plantas*.  
[https://www.intagri.com/articulos/nutrición-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas#:~:text=Las%20auxinas%20y%20su%20papel, enraizamiento%20de%20esquejes\).](https://www.intagri.com/articulos/nutrición-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas#:~:text=Las%20auxinas%20y%20su%20papel, enraizamiento%20de%20esquejes).)
- Elorza, M.I. (2016). *Reproducción de plantas*.  
[http://www.munistgo.info/medio\\_ambiente/biblioteca\\_digital/Reproduccion\\_de\\_Plantas.pdf](http://www.munistgo.info/medio_ambiente/biblioteca_digital/Reproduccion_de_Plantas.pdf)
- Fernández Martínez, J.L, Flora, M., Rodríguez, S. & Castellanos, L. (2011). *Alternativas para el enraizamiento de estacas de Ixora*.  
[https://www.researchgate.net/publication/311398436\\_Alternativas\\_para\\_el\\_enraizamiento\\_de\\_estacas\\_de\\_Ixora](https://www.researchgate.net/publication/311398436_Alternativas_para_el_enraizamiento_de_estacas_de_Ixora)

- Hernández, J. (2004). *Influencia del Ácido Indolbutírico y Ácido Naftalenacético*.  
<https://www.Dialnet-InfluenciaDelÁcidoIndolbutíricoYAcidoNaftalenacét-5002400.pdf>
- Iglesias Gutiérrez, L. (1996). *Propagación vegetativa de plantas forestales*.  
<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/998>
- Institución de Capacitación Agrícola. (INTAGRI). (2017). *La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos*.  
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-eléctrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>
- Instituto Nacional de Bosques. (INAB). (2019). *Misión, Visión y Objetivos*.  
<https://www.inab.gob.gt/images/informaciónpublica/2019/5.1%20Visión-misión%20y%20objetivos-12.pdf>
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (ICC). (2022). *Características climáticas*.  
<https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2023/03/174.pdf>
- Martínez Pelayo, M., Castañeda Vázquez, H., Moreno Martínez, J.M. & Álvarez Moya, C. (2005). *Aislamiento e identificación de Rhizobium en Lupinus silvestres por la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR)*.  
[https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Vázquez/publication/279941626\\_Aislamiento\\_e\\_identificación\\_de\\_Rhizobium\\_en\\_Lupinus\\_silvestres\\_por\\_la\\_técnica\\_de\\_reacción\\_en\\_cadena\\_de\\_la\\_polimerasa\\_PCR\\_Mariana\\_Martínez\\_Pelayo\\_Hugo\\_Castaneda\\_Vázquez\\_Juan\\_Manuel\\_Mo](https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Vázquez/publication/279941626_Aislamiento_e_identificación_de_Rhizobium_en_Lupinus_silvestres_por_la_técnica_de_reacción_en_cadena_de_la_polimerasa_PCR_Mariana_Martínez_Pelayo_Hugo_Castaneda_Vázquez_Juan_Manuel_Mo)
- Ortega, R. (2020). *Suelo vivo como condición para el éxito productivo*.  
<https://redagrícola.com/suelo-vivo-condición-éxito-productivo/#:~:text=Las%20caracter%C3%ADsticas%20de%20un%20suelo,presentar%20una%20alta%20actividad%20biol%C3%B3gica>

- Osuna Fernández, H.R., Osuna Fernández, A.M. & Fierro Álvarez, A. (2016). *Manual de propagación de plantas superiores*. [https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual\\_plantas.pdf](https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf)
- Quintana Morales, Y.O. (2007). *Comparación de la Ictiofauna asociada a las raíces de mangle rojo (Rizophora mangle: Rizophoraceae), en los sitios Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico y Reserva Natural Privada Manchón Guamuchal, durante las épocas seca y lluviosa*. [Tesis. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2610.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2610.pdf)
- Ramsar. (2010). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar*. <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/09/725-Manchón-Guamuchal.pdf>
- Rivera Orellana, J.A. (2013). *Evaluación de la germinación de semillas y propagación vegetativa de Conocarpus erectus L., con fines de conservación y manejo, en el Área Natural Protegida Complejo Barra de Santiago, Sector Barra de Santiago, Departamento de Ahuachapán*. [Trabajo de graduación. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9997/1/19200956.pdf>
- Rodríguez Ledesma, N.D., Torres Sevillano, C.N., Chaman Medina, M.E. & Hidalgo Rodríguez, J.E.M. (2016). *Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de Oryza sativa "arroz" (Poaceae)*. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300005&script=sci\\_arttext#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20osm%C3%B3tico%20se%20presenta,que%20la%20planta%20debe%20mantener](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300005&script=sci_arttext#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20osm%C3%B3tico%20se%20presenta,que%20la%20planta%20debe%20mantener)

%20osm%C3%B3tico%20se%20presenta,que%20la%20planta%20de  
be%20mantener

Simmons, C.S., Tárano T., J.M. & Pinto Z., J.H. (1959). *Clasificación de Reconocimientos de los Suelos de la República de Guatemala*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Simmons,-C.-S.,-Tarano,-T.,-J.M.,-Pinto,-Z.,-J.H.-Dorion/170821c3fd3966ae4202da597673c13bd53ba34f>

Sisaro, D. (2016). *Características de cámara húmeda para propagación asexual*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322021000500168](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322021000500168)

Trópicos. (2022). *Clasificación taxonómica del Conocarpus erectus L.*  
<https://tropicos.org/home>

Vo. Bo.

  
Licda. Ana Teresea de González  
Bibliotecaria CUNSUROC



## VIII. Anexos



**Figura 45: Llenado de bolsas**



**Figura 46. Traslado de bolsas**



**Figura 47. Producción  
de brotes de la especie  
*C. erectus* L**



**Figura 48. Cercado de área**



**Figura 49. Colocación de bolsas**



**Figura 50. Monitoreo de la  
investigación de  
propagación por estaca en  
Finca Cataluña, Caballo  
Blanco Retalhuleu**



**Figura 51. Elaboración de acodos aéreos**



**Figura 52. Monitoreo de la investigación en campo**



**Figura 53. Elaboración de acodos aéreos**



**Figura 54. Personal capacitado para elaboración de acodos aéreos**



**Figura 55: Monitoreo de acodos  
aéreos**



**Figura 56: Acodos aéreos enraizados**



**Figura 57: Monitoreo de acodos**



**Figura 58. Tratamiento evaluado con nylon blanco como sombra.**



**Figura 59. Tratamientos con diferente porcentaje de germinación**



**Figura 60. Tratamiento  
evaluado con sombra de  
sarán**



**Figura 61. Tratamiento  
manejado con sombra de nylon**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
AGRONOMÍA TROPICAL  
Mazatenango, Suchitepéquez, Gt

Mazatenango, mayo de 2024

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical  
Centro Universitario de Suroccidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Dr. Mynor Otzoy

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre bien en las actividades académicas de la carrera de Agronomía y gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE *Conocarpus erectus* L., Combretaceae (Mangle botoncillo)**. La investigación fue presentada por la estudiante T.P.A. Yerlyn María Sucely Mus Ixbalán, carné: 201641012 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que la estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo de usted, Atentamente.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Ing. Francisco Javier Espinoza Marroquín  
Profesor Asesor y Supervisor  
Carrera Agronomía Tropical

Mazatenango 27 de mayo del 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director en Funciones  
Centro Universitario de Suroccidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Sr. Director

Con fundamento en el normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que la estudiante T.P.A. Yerlyn María Sucely Mus Ixbalán, Carné 201641012, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de métodos de propagación de *Conocarpus erectus* L., Combretaceae (Mangle Botoncillo)**, el cual fue asesorado por el Ing. Agr. Francisco Javier Espinoza Marroquín, lo que se evidencia con la nota adjunta que he revisado previamente.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que la estudiante T.P.A. Yerlyn Mus, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente para su graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**



Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO

### CUNSUROC/USAC-I-115-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, Mazatenango,  
Suchitepéquez, siete de octubre de dos mil veinticuatro\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE  
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
"EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE *Conocarpus erectus L.*,  
Combretaceae (MANGLE BOTONCILLO)", de la estudiante: Yerlyn maría sucely Mus  
Ixbalán, Carné: 201641012 CUI: 2785 34601 1013 de la carrera Ingeniería en Agronomía  
Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director



/gris