

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ciencias de la Vida**

Protocolo del diseño y adecuación experimental para control de germinación y supervivencia de plántulas de manglar en sustrato de dragado mediante la creación de vivero.

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Biólogo**

Presentado por:

Ordóñez Arellano Cindy Carolina

Rivas Moreira Mitsy Leonella

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

## Dedicatoria

---

Dedicamos este trabajo a la naturaleza.

Anhelamos que este trabajo contribuya positivamente a la conservación de la misma.

Cindy Carolina Ordoñez Arellano

Mitsy Leonella Rivas Moreira

## Agradecimientos

---

Agradezco de forma especial a Dios y a las personas hermosas que hicieron todo posible.

Cindy Carolina Ordoñez Arellano

Mi más sincero agradecimiento a Dios y a mis padres por guiarme y apoyarme durante todo este proceso.

Mitsy Leonella Rivas Moreira

## Declaración Expresa

---

Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ordóñez Arellano Cindy Carolina y Rivas Moreira Mitsy Leonella damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual

Guayaquil, 11 de septiembre del 2023



---

Cindy Carolina Ordoñez Arellano



---

Mitsy Leonella Rivas Moreira

## **Evaluadores**

---

**Diego Arturo Gallardo Pólit**

Profesor de Materia

---

**Gustavo Adolfo Domínguez Cazco**

Tutor de proyecto

## Resumen

Los manglares ocupan una cuarta parte de las costas tropicales a nivel mundial, son cruciales como reservas ecológicas y forestales, de gran importancia científica y cultural, sin embargo, en Ecuador se ha perdido el 70% de este territorio, debido a actividades humanas como la urbanización, la construcción de granjas camaroneras, por ello, la propuesta busca investigar si el uso de material de dragado es adecuado para la restauración de manglares, centrándose en la especie *Rhizophora mangle*. Se llevó a cabo del análisis de la tasa de crecimiento considerando las variables: biomasa y área de las hojas. Como sustrato se utilizaron 6 tipos de sedimento de dragado, los cuales se comparó con los controles. Utilizando el software Minitab se realizó un ANOVA, donde todos los grupos que utilizaron dragado como sustrato mostraron tasas de crecimiento significativamente más altas en comparación con los controles, por ello, se concluyó que, todos los tipos de sedimento utilizados aportaban a un buen desarrollo de las plántulas, e incluso una supervivencia del 100% de las plántulas.

**Palabras Clave:** Biomasa, dragado, plántulas, ANOVA.

## **Abstract**

*Mangroves occupy a quarter of the tropical coasts worldwide, they are crucial as ecological and forest reserves, and have great scientific and cultural importance, however, 70% of this territory has been lost in Ecuador, due to human activities such as urbanization and construction of shrimp farms. Therefore, this proposal seeks to investigate whether the use of dredging material is appropriate for mangrove restoration, focusing on the *Rhizophora mangle* species. Growth rate analysis was carried out considering the variables: biomass and leaf area. Six types of dredged sediment were used as substrate, which were compared with the controls. Using the Minitab software, an ANOVA was carried out, where all the groups that used dredge as a substrate showed significantly higher growth rates compared to the controls. Therefore, it was concluded that all the sediment types contributed for a good seedling development, and even 100% survival of seedlings.*

**Keywords:** Biomass, dredging, seedlings, ANOVA.

## Índice general

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas .....	VIII
Capítulo 1 .....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5. Marco teórico.....	5
1.5.1 Manglares en Ecuador: Importancia, impactos negativos y forestación .....	5
1.5.2 Condiciones de vivero: Germinación, desarrollo y supervivencia .....	6
1.5.2.1. Siembra en el estuario.....	7
1.5.2.2. Creación de vivero. ....	8
1.5.3 Uso productivo del dragado .....	8
Capítulo 2 .....	10
2.1. Metodología.....	11
2.1.1. Creación de diseño experimental.....	11



2.1.2. Medición de distancia y coordenadas .....	11
2.1.3. Zona de muestreo y obtención de muestra .....	13
2.1.4. Preparación de las muestras.....	13
2.1.5. Medición de parámetros .....	14
2.1.6. Adecuación de vivero.....	15
2.1.7. Siembra y control de tasa de crecimiento.....	15
2.1.8. Análisis estadísticos .....	15
Capítulo 3 .....	18
3.1. Resultados y análisis .....	19
3.1.1. Resultados generales .....	19
3.1.2. Variable biomasa .....	19
3.1.3. Variable área de las hojas.....	21
3.1.4. Análisis de supervivencia.....	24
3.1.5. Análisis de costos.....	25
4.1 Conclusiones y recomendaciones .....	27
4.1.1. Conclusiones.....	27
4.1.2. Recomendaciones .....	27
Referencias .....	29

## **Abreviaturas**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ASTM American Society for Testing and Materials

## Simbología

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del vivero en ESPOL .....	12
Figura 2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el Golfo de Guayaquil.....	12
Figura 3. Plano de vivero instalado en ESPOL .....	14
Figura 4. Distribución de datos de la variable biomasa.....	16
Figura 5. Distribución de datos de la variable área de las hojas .....	16
Figura 6. Transformación de datos de la variable área de las hojas .....	17
Figura 7. Gráfica de cajas para la variable biomasa.....	19
Figura 8. Gráfica del método de Dunnet para el control arena en la variable biomasa.....	20
Figura 9. Gráfica del método de Dunnet para el control sustrato en la variable biomasa.....	20
Figura 10. Gráfica de cajas para la variable área de las hojas .....	21
Figura 11. Gráfica del método de Dunnet para control arena en la variable área de las hojas.....	22
Figura 12. Gráfica del método de Dunnet para control sustrato en la variable área de las hojas .	23
Figura 13. Gráfica de barras para la variable área de las hojas.....	23
Figura 14. Gráfica de barras para la variable biomasa .....	24

## Índice de tablas

Tabla 1. Inventario de costos del invernadero.....	25
--	----

## **Capítulo 1**

## 1.1. Introducción

A nivel mundial, los manglares ocupan una cuarta parte de las costas tropicales, lo que los convierte en una importante reserva ecológica y forestal del planeta. Los árboles y arbustos que lo conforman sustentan la biodiversidad de ecosistemas tropicales y subtropicales. Por estas características estos ecosistemas son de gran importancia científica y cultural (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1999). Los manglares son ecosistemas diversos con una alta productividad (Flores-Verdugo et al., 2023) Entre las funciones más importantes se puede destacar que son parte fundamental la biodiversidad, producen una alta concentración de materia orgánica , y sustentan el desarrollo de varias especies de impacto comercial (Hernández-Félix et al., 2017).

Entre las décadas de 1970 y 1990, se determinó que el 70% de estos ecosistemas a lo largo de la costa de Ecuador se perdieron y la tierra se convirtió en estanques industriales de camarones (*Mapas – CCONDEM*, s. f.). Estos bienes nacionales de uso público y además considerados patrimonios naturales han sido apropiados ilegalmente por grandes cantidades de capital privado. En 1999, FUNDECOL empezó actividades de mapeo del área que refleja la destrucción del ecosistema manglar, a partir del año 2000 se realizaron mapas comparativos de manglares lo que permitió la reconstrucción de cinco sistemas estuarinos.

La restauración de la vegetación de manglar es indispensable para que estos ecosistemas aseguren la continuidad de las diversas funciones ecológicas que proveen (*Restauración Ecológica de los manglares en la Costa del Ecuador*, s. f.). En 2008, la Constitución ecuatoriana reconoció a los manglares como un ecosistema frágil y encargó al estado la protección permanente de este capital natural, pero no es hasta a partir del año 2014 que se dio prioridad al Plan Nacional de Restauración Forestal para proteger este ecosistema a través de la

implementación de medidas de mitigación para evitar la pérdida a futuro (Ministerio del Ambiente, 2020).

## **1.2. Descripción del problema**

Los manglares son zonas de transición donde se encuentran el ecosistema marino, terrestre y de agua dulce, ejercen un papel de barrera contra marejadas, tormentas e inundaciones que puede afectar la zona costera. Sin embargo, estos ecosistemas presentan una degradación significativa a causa de actividades antropogénicas, como los asentamientos urbanos, industriales, turismo, agricultura y ganadería descentralizada y por la construcción de granjas camarонерas con fines lucrativos (OVACEM, 2020). Desde 1969 hasta el 2006 Ecuador ha perdido aproximadamente 55.464 hectáreas de bosque de manglar (CLIRSEN, 2006), por ello, para remediar esta situación, el gobierno ha implementado estrategias para reducir estos impactos y desarrollar actividades de manera sostenible, mediante la reforestación de las áreas afectadas (Suárez et al., 2015).

La empresa De Nul Group es especialista en cinco actividades principales, una de ellas se centra en el dragado y tratamiento de sedimento contaminado, la entidad dispone de una flota de dragas con la finalidad de garantizar la operabilidad y seguridad en la navegación (*Homepage*, s. f.). A pesar del material bibliográfico revisado sobre procesos de reforestación de manglar, no existe gran evidencia acerca del uso de dragado como sustrato, por dicha razón, nuestro objetivo es emplear material de dragado para forestación y recuperación de manglares.

## **1.3. Justificación del problema**

Los ecosistemas de manglar brindan protección frente a desastres naturales, además sirven como refugio para muchas especies de animales y plantas, asimismo, el aporte de



nutrientes es muy alto, enriqueciendo los ecosistemas al permitir que muchas especies importantes comercialmente sean explotadas (Godoy & Rueda, 2018). En Ecuador, se han utilizado los recursos brindados por los manglares para solventar muchas necesidades sociales y económicas, por lo que, su pérdida supondría consecuencias graves para la sociedad y el medio ambiente. Estos ecosistemas se extienden por diversas provincias de la línea costera ecuatoriana, sin embargo, en la provincia del Guayas se evidencia mayor presencia de manglares (Crespo et al., 2016), no obstante, a lo largo del tiempo, estos territorios se han visto afectados por la actividad antropogénica como tala de árboles, construcción de granjas camaroneras, desarrollo urbano, sobreexplotación de los recursos (Pernía et al., s. f.). En la Constitución ecuatoriana del 2008 se establece claramente la preservación de la biodiversidad y sus funciones ecológicas, además, busca la administración y aprovechamiento sostenible, restablecimiento y delimitación territorial de ecosistemas en peligro (Ministerio del Ambiente, 2020). La empresa Jan de Nul trabaja con el desarrollo de diversos proyectos, uno de ellos es AquaForest cuyo enfoque se centra en ofrecer soluciones benéficas para las personas y el medio ambiente mediante el estudio del uso circular de dragado para recuperar hábitats de manglar del golfo de Guayaquil (Homepage, s. f.). Por lo tanto, esta propuesta busca conocer si el uso de material de dragado es apto para la germinación y supervivencia de *Rhizophora mangle*.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Proponer un estudio piloto para la evaluación de la calidad de sedimento dragado del golfo de Guayaquil mediante el uso de plántulas de manglar.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- a. Establecer un sitio experimental para la ejecución de bioensayos empleando plántulas de mangle rojo sembradas con sedimentos de dragado.
- b. Examinar las tasas de crecimiento de las plántulas de *Rhizophora mangle*, sembradas en sedimentos de diferentes zonas del golfo de Guayaquil.
- c. Determinar el mejor sedimento por medio de la evaluación de la germinación y desarrollo de las plántulas de mangle.

## **1.5. Marco teórico**

### ***1.5.1 Manglares en Ecuador: Importancia, impactos negativos y forestación***

Los ecosistemas de manglar presentan interacciones de varias comunidades de peces, anfibios, plantas e incluso mamíferos. Comprenden la región de los trópicos y subtropicos. Son un medio de encuentro del agua dulce y agua salada, dando paso al desarrollo de procesos únicos. El ecosistema marino y terrestre aportan nutrientes a esta zona, presentando un nivel muy alto de biodiversidad. Mundialmente, se encuentra en el quinto lugar de los mejores productores ecológicos.

La alta productividad del mangle se la asocia también a la producción de carbono, la cual cuantitativamente es similar a la de los bosques tropicales húmedos (Alongi, 2012). Estos humedales costeros son esenciales en trópicos y subtropicos debido a las condiciones adaptativas que estos poseen. Sus características morfológicas como el diseño de las raíces les permite soportar altas temperaturas, el agua, y fango. Además, cuenta con los ingredientes principales de la productividad primaria, como: agua, gran cantidad de biomasa y disponibilidad de luz solar, produciendo un alto rendimiento de productividad (Suratman, 2008).

Ayudan a mantener ecosistemas costero-marinos, proveen alimento y hogar adicional a organismos de varios niveles de la cadena trófica. Almacenan, exportan y transforman materia de origen orgánico, aportando significativamente a los ciclos biogeoquímicos. Los manglares participan en la captura del Carbono, siendo la captura diez veces mayor que un bosque protector, contribuyendo a la disminución del efecto de los GEI (Gases de Efecto Invernadero). Sin embargo, la mala práctica de actividades humanas como: industrialización no regulada, emisión de combustibles fósiles, uso desproporcionado de pesticidas y plaguicidas, producen efectos negativos en estos humedales (Herrera Silveira et al., 2016), (Yáñez-Arancibia et al., 2014).

Ecuador desarrolló una política nacional para la gestión de recursos ambientales, mediante el cuidado y defensa de ecosistemas de manglar 14. Estudios realizados por CLIRSEN permitió determinar medidas regulatorias basadas en actividades de reforestación (Suárez et al., 2015). Proyectos que involucran actividades de forestación se están desarrollando en conjunto a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que contribuyan a la recuperación de estos importantes ecosistemas. Forestar implica cubrir una zona donde antes no existía vegetación forestal (Salazar & Meras, 2020).

### ***1.5.2 Condiciones de vivero: Germinación, desarrollo y supervivencia***

El *Rhizophora mangle* es una especie conocida como mangle rojo o colorado debido al color de su madera, es un árbol de ciclo perenne que se encuentra distribuido principalmente en el norte en la zona de transición del Chocó del Ecuador y en el sur en la zona de transición sur de Jama-Zapotillo. Esta especie de mangle presenta hojas opuestas, corteza externa de color gris e interiormente de color rojo, raíces expuestas de color rojo y flores bisexuales. Las flores son producidas en las épocas: lluviosa y seca, siendo su mayor floración en la época seca. La forma

que presentan las flores de esta especie hace que la polinización sea anemófila y entomófila (Ruíz, 2021). El fruto es una baya de consistencia dura de hasta de 3 centímetros de largo que desarrolla una semilla alargada con forma de lanza de hasta 30 centímetros de longitud por 2 de diámetro con coloración verde o café y pueden pesar hasta 50 gramos (CONABIO, 2023).

Los propágulos son semillas del mangle producidas por el fruto, de forma unitaria por viviparidad. La semilla germina en el interior del fruto. A los 30 días que ocurre la germinación, la semilla logra romper la estructura del fruto, traspasándolo. Estará adherido a la planta durante 6 meses desarrollando un brote radicular de coloración oscura con grosor de 1,5 de diámetro y el hipocótilo para posteriormente desprenderse (*Rhizophora mangle* (L.) C.DC., s. f.).

Esta estructura vegetativa genera un nuevo individuo permitiendo la propagación de la especie. Tiene la capacidad de resistir alrededor de 1 año sobrenadando ya que se dispersan por hidrocoria (Castillo Elías et al., 2021). Los frutos maduros se obtienen mediante recolección. Los cuales deben ser hidratados preferiblemente en agua dulce hasta el día de la siembra. La siembra puede ser directamente en el estuario o mediante la creación de vivero.

#### **1.5.2.1. Siembra en el estuario.**

La mejor herramienta para este tipo de siembra es el uso de tubos PVC de 9 centímetros de longitud, dejando 5 centímetros por encima del nivel del agua. Dicha estructura sirve como protección de las plántulas contribuyendo a la supervivencia de las mismas. Finalizando el segundo año después de la siembra se procede a retirar los tubos, porque en el tercer año nacen las raíces aéreas, las cuales requieren de 2 años adicionales para afirmarse y hacer que la planta se estabilice y adapte al entorno para el correcto funcionamiento del sistema radicular y foliar (*Rhizophora mangle* (L.) C.DC., s. f.).

### **1.5.2.2. Creación de vivero.**

Para el almacenamiento, deben permanecer en agua dulce para evitar la desecación de las semillas hasta el día de la siembra. Los propágulos presentan la capacidad de resistir hasta 12 meses en su ecosistema natural, de lo contrario solo pueden ser óptimos pocos días. Bolsas de polietileno es la herramienta más útil para la siembra en vivero. El sedimento a usar debe ser arcillo limoso con un porcentaje alto de humedad. El riego debe ser con agua dulce ya que mejora las condiciones de desarrollo de las semillas (*Rhizophora mangle* (L.) C.DC., s. f.).

Existen plagas que perjudican los sembríos de manglar. Entre ellos se tiene: coleópteros y lepidópteros que perjudican la estructura física de los propágulos, afectando cuantitativamente a las semillas en germinación (Martínez-Zacarías et al., 2017). En las zonas seleccionadas a forestar se evalúa la variación de hidroperíodo para evaluar la resistencia de las plántulas ante inundaciones (Rabaza, 2019).

### **1.5.3 Uso productivo del dragado**

En la actualidad, el material obtenido del proceso de dragado es empleado en diversas actividades como regeneración de playas, creación de zonas de transición y creación de tierras emergentes sobre aguas someras, en los dos últimos, se trata de usar el sedimento menos contaminado para la creación o mejoramiento de ciertas zonas, con la finalidad de utilizar los terrenos para uso comercial, industrial, desarrollo urbano o hábitats para fauna. Sin embargo, la mayoría de investigaciones actuales sobre hábitats se centran en la vegetación sedimentaria, como la vegetación intermareal, esta flora supone un hábitat ideal para muchas especies juveniles ya que les proporciona alimento y protección contra depredadores (Antiñolo, 1989).

Las estrategias de recuperación de manglares son limitados, debido a que, los propágulos usados para forestar no se encuentran disponible en todas las épocas del año, sin embargo, con el uso de las islas formadas por la deposición de productos de dragado proporciona un sitio viable para la siembra de mangle, los cuales están disponibles en viveros forestales que han demostrado mayor tasa de supervivencia y desarrollo a diferencia del uso directo de propágulos (Benitez-Pardo et al., 2015).

## **Capítulo 2**

## **2.1. Metodología**

### ***2.1.1. Creación de diseño experimental***

Se realizó un análisis de las zonas a estudiar para la creación de un diseño experimental, generando un inventario de los materiales para la creación de un vivero. Luego, se llevaron a cabo salidas de campo con el propósito de analizar la zona a forestar (islas Manglecitos) y para la obtención de muestra de sedimento.

### ***2.1.2. Medición de distancia y coordenadas***

Las muestras de dragado fueron obtenidas en 3 puntos del canal del Golfo de Guayaquil. La primera área se inició desde el kilómetro 64 al 61 (latitud 2°28'48" S; longitud 80°04'04" O), continuando con el segundo punto que fue desde el Kilómetro 64.8 al 64 (latitud 2°27'40" S; longitud 80°03'29" O) y finalmente el área que corresponde al kilómetro 74 al 76 (latitud 2°22'35" S; longitud 80°01'05" O). Para el desarrollo de este proyecto se nombró como: KP1, KP2 Y KP3 a los grupos de sedimento de dragado. Además, se establecieron 2 controles nombrados como arena y sustrato, los cuales corresponden a sedimento inerte y sedimento proveniente de la zona del manglar forestado en las islas Manglecitos (latitud 2°39'59" S; longitud 80°10'00" O). La adecuación del vivero se llevó a cabo en las instalaciones del Campus Gustavo Galindo ESPOL (Latitud 2°09'01" S; Longitud 70°57'25" O). Se registraron las coordenadas de ubicación y distancias en kilómetros mediante el uso de la aplicación web Google Earth. Las figuras 2.1 y 2.2 muestran la ubicación de ESPOL y el golfo de Guayaquil detalladamente.



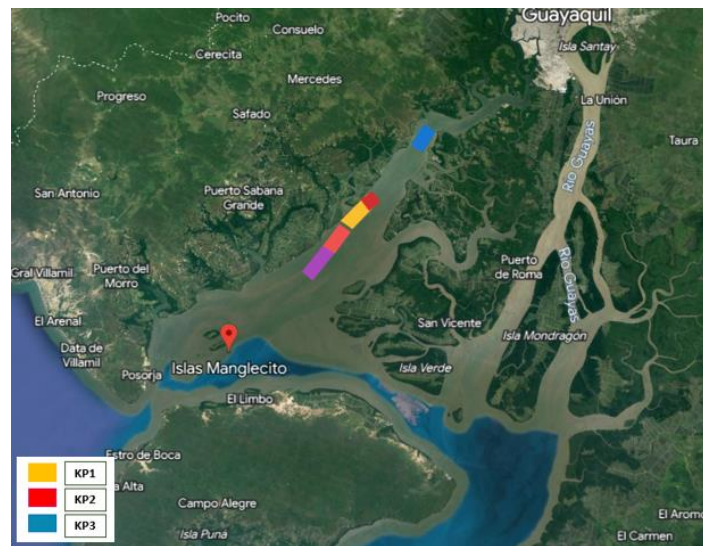
**Figura 1**

*Ubicación geográfica del vivero en ESPOL*



**Figura 2**

*Ubicación geográfica de los puntos de muestreo, en el golfo de Guayaquil*



### ***2.1.3. Zona de muestreo y obtención de muestra***

#### **2.1.3.1 Obtención de propágulos.**

Se procedió a recolectar 400 semillas de mangle en las islas Manglecitos. Estas semillas fueron seleccionadas considerando la longitud, tamaño del ápice, grosor del hipocótilo, que no presente daños o mordeduras por insectos y sin raíces. Se realizó una selección que responde a un tamaño: grande, mediano y pequeño.

#### **2.1.3.2 Colecta del sedimento de dragado.**

Se utilizaron 24 litros de sedimento de cada zona de dragado, correspondiendo a 8 litros por cada zona. Tales muestras fueron analizadas toxicológicamente con anticipación.

#### **2.1.3.3 Recogida de sustrato y arena.**

Se utilizaron 16 litros de muestra de sustrato obtenido en las islas Manglecitos y 40 libras de arena, correspondiente a los controles.

#### **2.1.3.4 Recolección de agua para riego.**

De la zona forestada se tomaron 8 litros de agua en tres puntos diferentes que corresponden a las siguientes coordenadas: (Latitud 2°39'27" S; Longitud 80° 14'15" O), (Latitud 2°42'02" S; Longitud 80° 13'16" O) y (Latitud 2°37'09" S; Longitud 80° 15'25" O). Estas muestras de agua fueron tomadas con el propósito de utilizarlas para el riego junto con agua dulce de las plántulas de mangle.

### ***2.1.4. Preparación de las muestras***

Las muestras de 15 y 45 días de germinación fueron conservadas a 29°C en agua dulce hasta la siembra. Se realizaron cambios de agua cada 48 horas, ubicando una cantidad de agua correspondiente al 25% del tamaño del propágulo. Los mismos que se deben estar de forma

vertical en un recipiente. Al manipular las semillas en el cambio de agua se tuvo la precaución para no ocasionar daños al ápice.

### 2.1.5. Medición de parámetros

Se realizaron diferentes mediciones de parámetros ambientales como salinidad, pH, temperatura del sedimento y del agua de la zona islas Manglecitos. La evaluación y comparación de aquellas mediciones ayudaron a conocer las condiciones más óptimas para la germinación y supervivencia del manglar.

**Figura 3**

*Plano de vivero instalado en ESPOL*



### **2.1.6. Adecuación de vivero**

De los tres tipos de dragado obtenidos, se realizaron mezclas generando 3 nuevos tipos de sedimento, es decir un total de 6 grupos de dragado y 2 controles: arena y sustrato.

El diseño experimental se basó en realizar pruebas en diferentes días de germinación: 0, 15 y 45 días de germinación. Junto con un número de 10 propágulos por cada zona de dragado, es decir en cada gaveta. Como se puede observar en la figura 2.3.

### **2.1.7. Siembra y control de tasa de crecimiento**

Se realizó la siembra de los propágulos, en la que cada gaveta corresponde a una zona de dragado y 2 gavetas corresponden a controles. Posteriormente se realizó un control diario de las plántulas. Por medio del uso de fichas de campo, se llevó un registro de la variable biomasa. Se obtuvo el área de las hojas con la ayuda del software Image J. El mismo que utiliza fotografías de cada hoja a medir y una medida de referencia.

### **2.1.8. Análisis estadísticos**

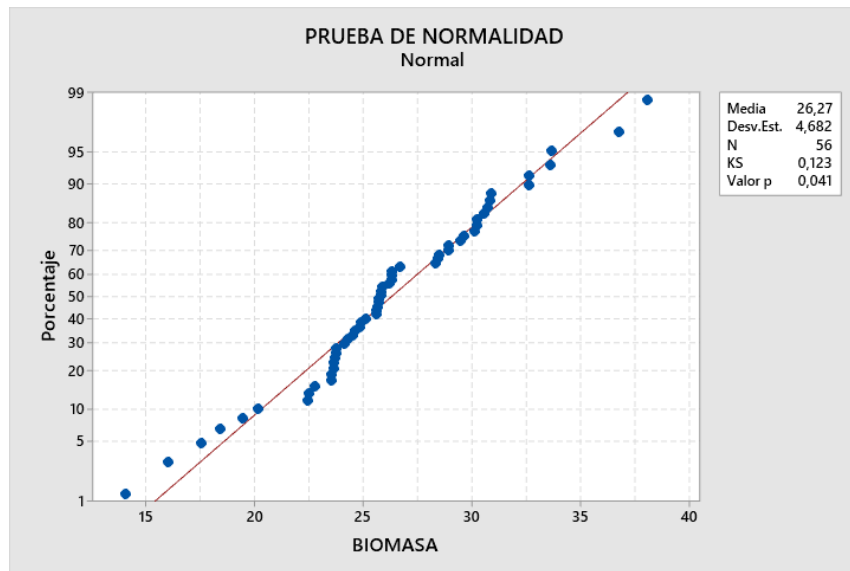
Para estudiar la respuesta de los propágulos de *Rhizophora mangle* ante las condiciones de los 6 grupos de sustratos de dragado y los grupos de control, se buscó encontrar diferencias significativas entre los grupos incluyendo los controles.

Se analizó los datos de los grupos considerando las variables: biomasa y área de las hojas de las plantas. Para esto, se evaluó la distribución de los datos de las dos variables con el software Minitab. Como resultado se observó que los datos no presentaron una distribución normal, como se puede observar en las figuras 4 y 5. Para el análisis estadístico se consideró las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula:** *Todas las medias son iguales*
- **Hipótesis alterna:** *No todas las medias son iguales.*

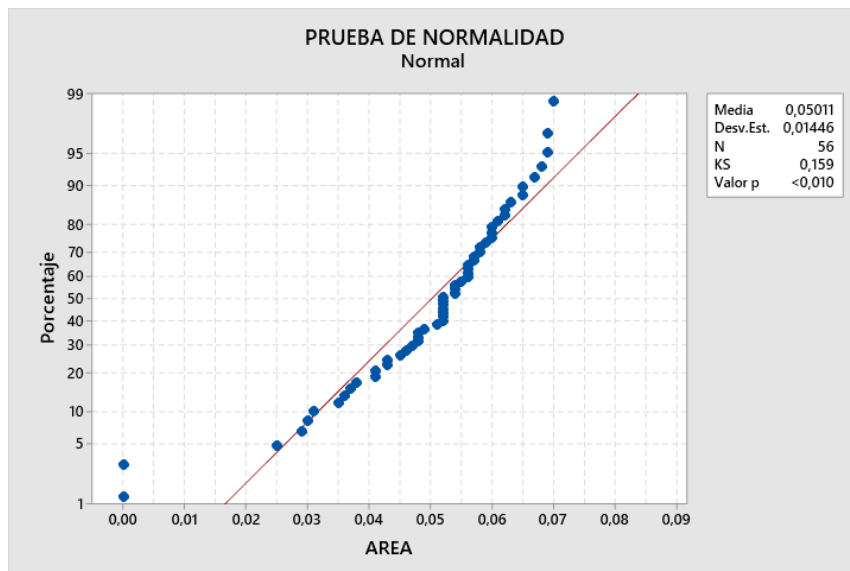
**Figura 4**

*Distribución de datos de la variable biomasa*



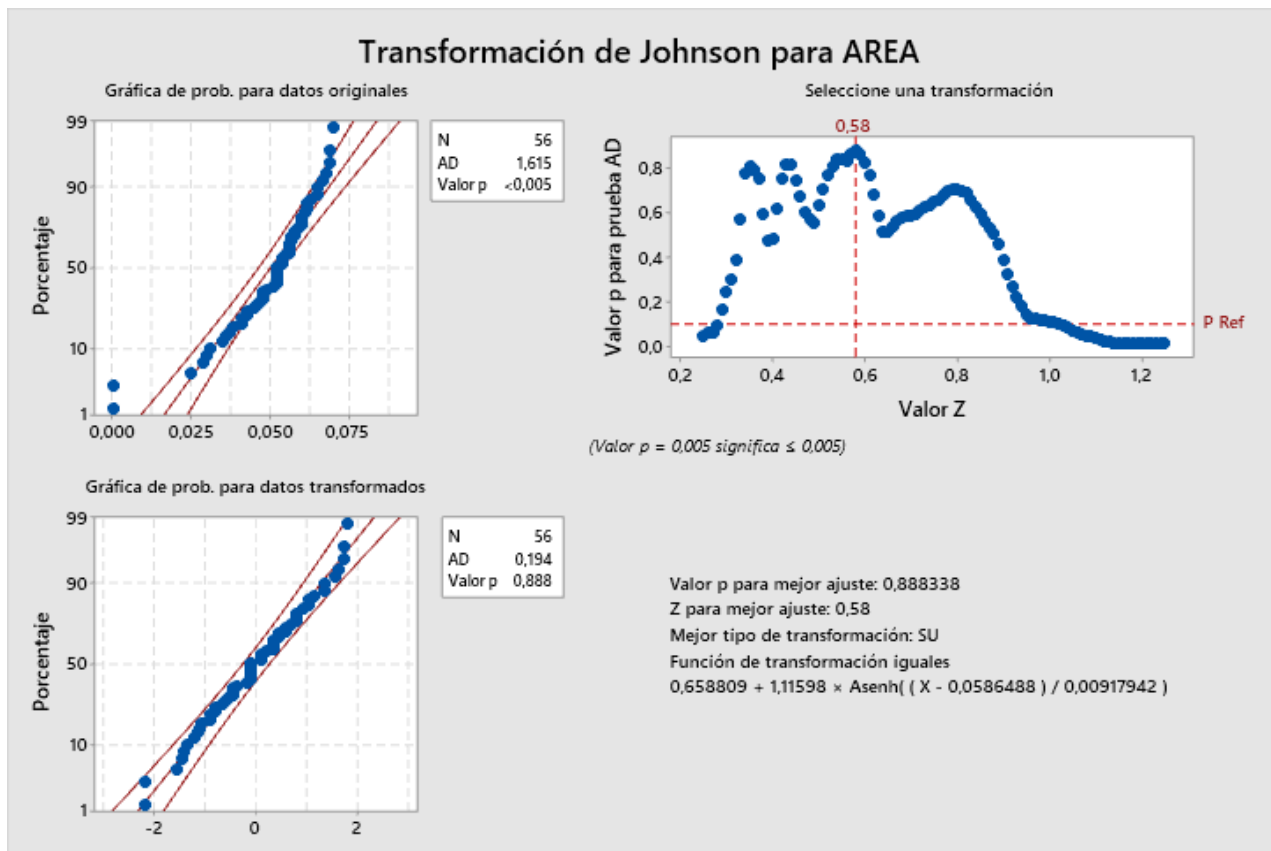
**Figura 5**

*Distribución de datos de la variable área de las hojas*



Las pruebas utilizadas para determinar la normalidad y la homogeneidad de varianzas fueron Kolmogorov-Smirnov y Levene. Además, se aplicó la transformación de Johnson de los datos como lo muestra la figura 6. Posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Luego, se utilizó la prueba de Tukey para conocer con mayor claridad las variaciones de las respuestas del material de dragado ante las plantas porque se obtuvieron diferencias significativas en los grupos.

**Figura 6**  
*Transformación de datos de la variable área de la hoja*



## **Capítulo 3**

### 3.1. Resultados y análisis

#### 3.1.1. Resultados generales

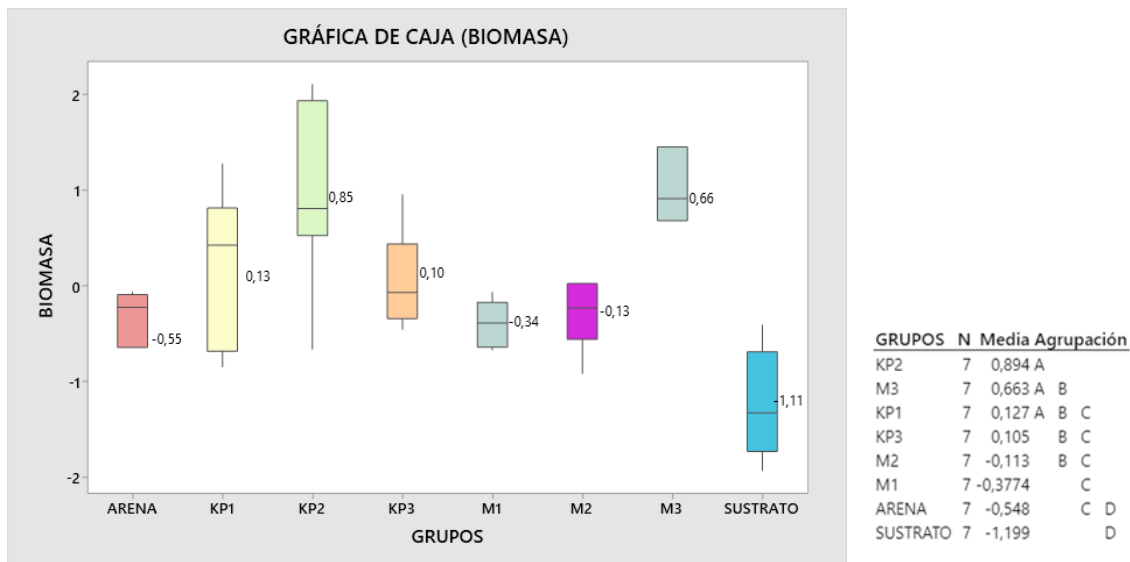
Para minimizar la aplicación de métodos se consideró 1 de 3 estadios de germinación. Es decir, el estadio de 0 días de germinación que presentaron resultados más óptimos.

#### 3.1.2. Variable biomasa

Por medio de la prueba de Levene se obtuvo un valor p value de 0,793 para la biomasa. Asimismo, mediante el análisis de varianza aplicado a los 8 grupos a una confianza del 95%, se obtuvo que estos sí presentaron diferencias significativas. El análisis de Tukey y Fisher arrojaron diferencias significativas. La figura 7 muestra el resultado de todos los grupos para la variable biomasa.

**Figura 7**

*Gráfica de cajas para la variable biomasa*

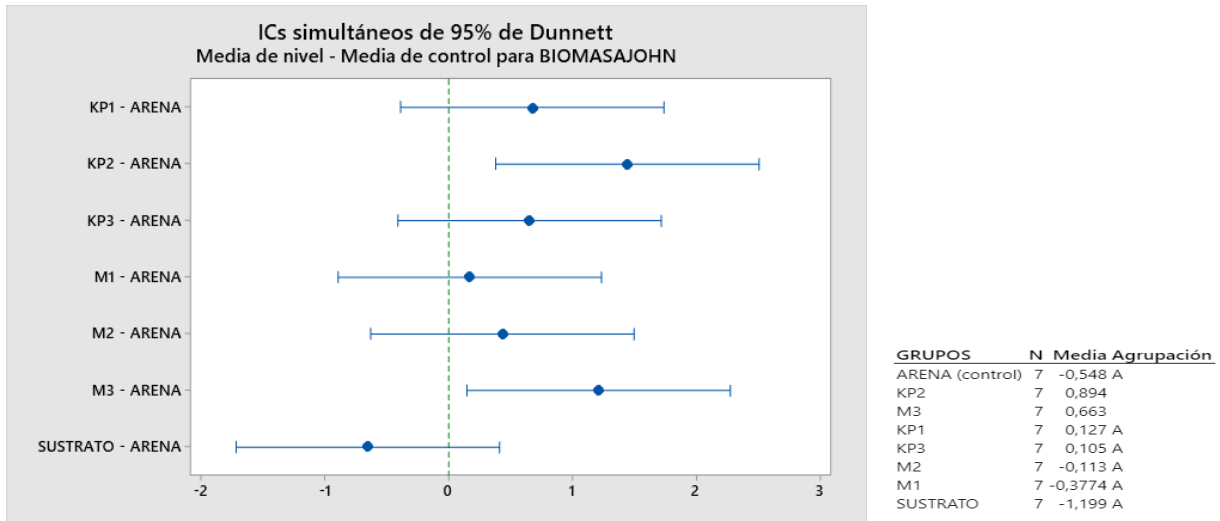


*Nota:* La figura muestra las medias para la biomasa. Grupos que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.



**Figura 8**

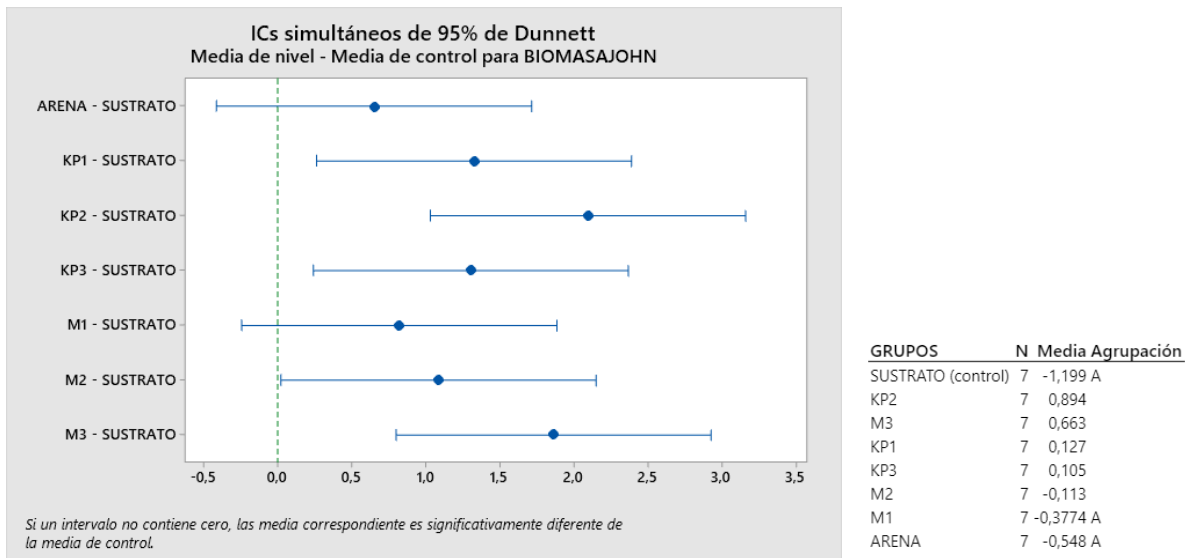
*Gráfica del método de Dunnett para el control arena en la variable biomasa*



*Nota:* La figura muestra los intervalos para la variable biomasa. El intervalo que no presenta cero es el que presenta diferencia significativa.

**Figura 9**

*Gráfica del método de Dunnett para el control sustrato en la variable biomasa*



*Nota:* La figura muestra la comparación de los intervalos de los sustratos versus el grupo control.

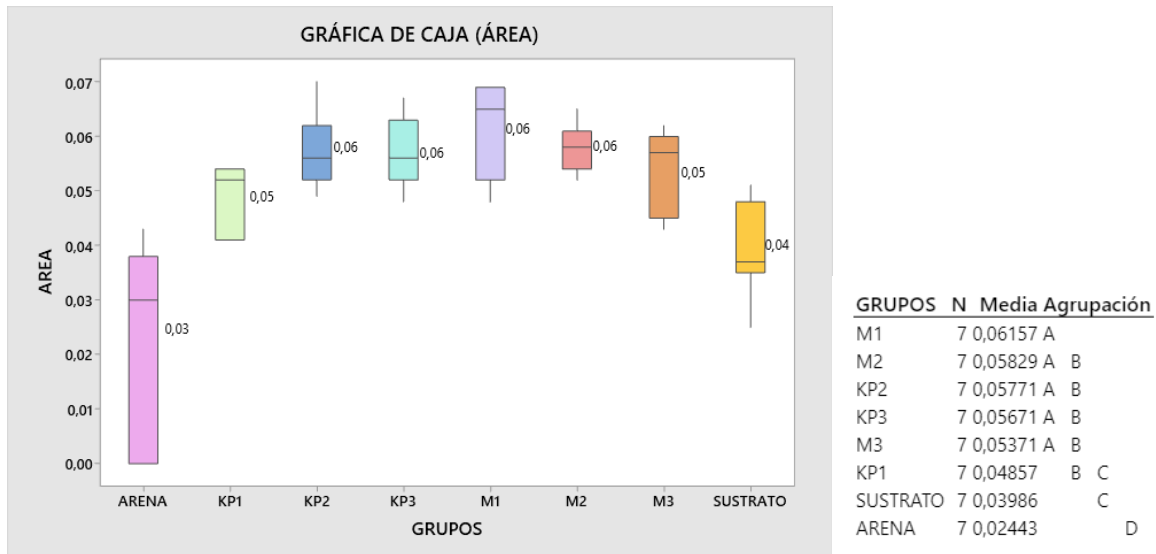
La prueba de Dunnet comparó los 6 grupos de dragado con los controles de arena. Como resultado se obtuvo que 2 de 7 grupos tienen diferencias significativas respecto del control. La figura 8 muestra el resultado. Sin embargo, ante la comparación de los grupos con el control sustrato se tuvo que 3 de 7 grupos si presentaron esta diferencia (Figura 9).

### 3.1.3. Variable área de las hojas

Por medio de la prueba de Levene se obtuvo un valor p value de 0,352. Adicionalmente, se obtuvo el análisis de varianza aplicado a los 8 grupos a una confianza del 95%. El análisis de Tukey y Fisher muestran que hay diferencias significativas. En la figura 10 se muestran los grupos en los que hubo las diferencias significativas.

**Figura 10**

*Gráfica de cajas para la variable área de las hojas*

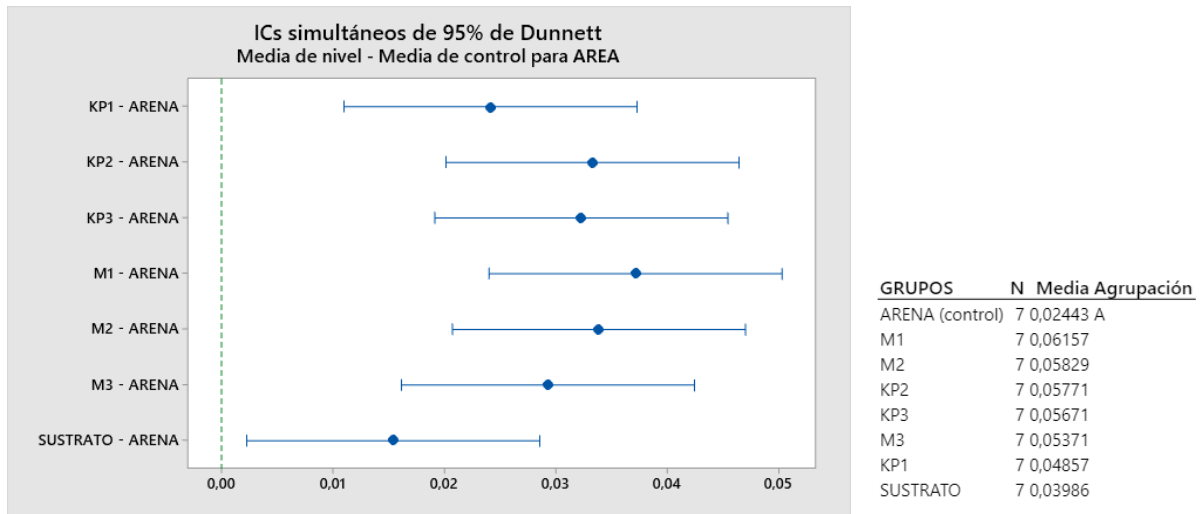


*Nota:* La figura muestra las diferencias significativas con letras. Si las medias no comparten letra son significativamente diferentes.

Al comparar los 6 grupos de dragado con los controles, se obtuvo que todos los grupos si son significativamente diferentes ante el control. La figura 11 muestra que ningún intervalo presenta cero.

**Figura 11**

*Gráfica del método de Dunnett para el control arena en la variable área de la hoja*

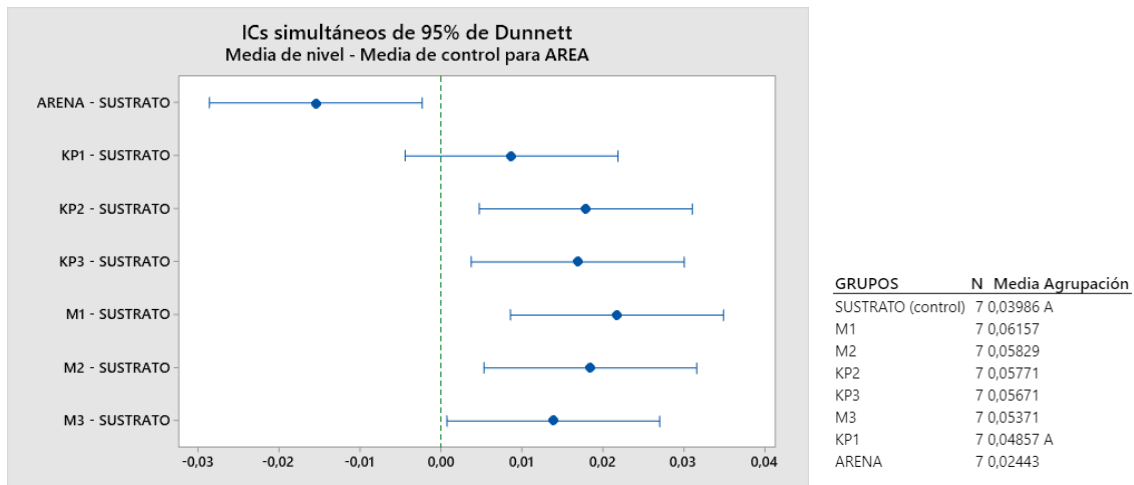


*Nota:* La figura muestra las diferencias entre los grupos. Si un intervalo no contiene cero, la media correspondiente es significativamente diferente de la media de control arena.

Sin embargo, ante la comparacion de los grupos con el control sustrato se tuvo que 6 de 7 grupos si presentaron esta diferencia (Figura 12). Así también, mediante los gráficos de barra (Figuras 13 y 14) se observa claramente el comportamiento de los datos de los diferentes grupos y los datos del control. Se demuestra que el uso de dragado como sustrato frente a la tasa de crecimiento de las plántulas es óptimo.

**Figura 12**

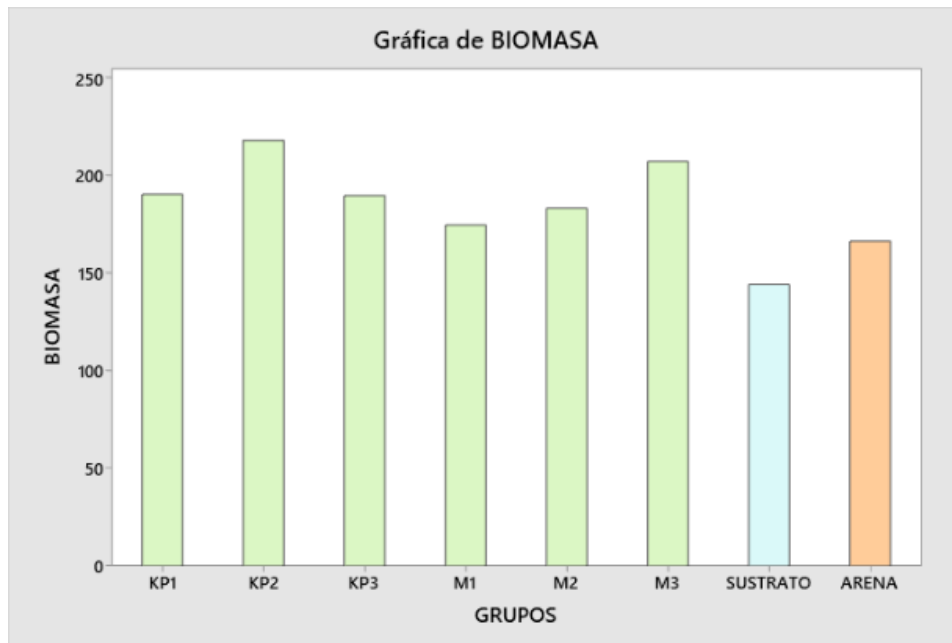
*Gráfica del método de Dunnett para el control sustrato en la variable área de la hoja*



*Nota:* La figura muestra las diferencias entre los grupos. Si un intervalo no contiene cero, la media correspondiente es significativamente diferente de la media de control sustrato.

**Figura 13**

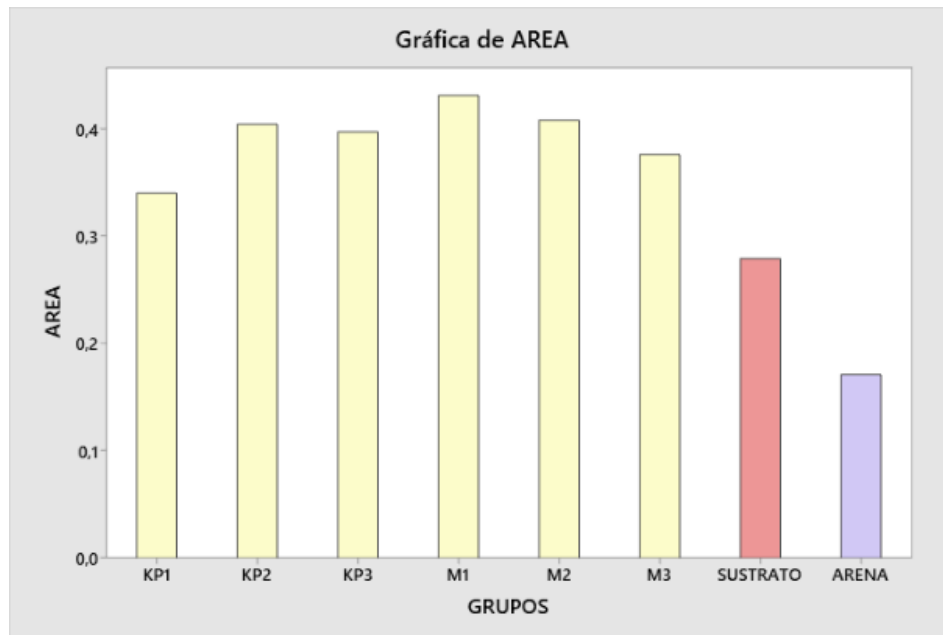
*Gráfica de barras para la variable biomasa*



*Nota:* La figura muestra los valores de las medias para la variable biomasa de los grupos con respecto al grupo control.

**Figura 14**

*Gráfica de barras para la variable biomasa*



*Nota:* La figura muestra los valores de las medias para la variable área de la hoja con respecto del grupo control.

### **3.1.4. Análisis de supervivencia**

Considerando los datos a los 60 días de germinación se obtiene una supervivencia del 100%. La siguiente ecuación demuestra el cálculo.

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas final}}{N^{\circ} \text{ de plantas inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{240}{240} \times 100$$

$$\% \text{ Supervivencia} = 1 \times 100$$

$$\% \text{ Supervivencia} = 100$$

### 3.1.5. Análisis de costos

Los materiales usados para el desarrollo y adecuación del vivero son muy importantes. A pesar de que varios materiales fueron de origen artesanal, se tiene puede considerar la siguiente inversión descrita en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Inventario de costos del invernadero*

Material	Cantidad	Valor
Gavetas [20 x 49 cm]	18	\$81
Plástico [2 x 3 m]	2	\$2
Alquiler de lancha	1	\$45
Combustible de salidas de campo	-	\$20
Fundas de polietileno [12 x 8 cm]	240	\$4
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 152</b>

*Nota:* Los datos muestran el costo de los materiales que fueron empleados para la adecuación del vivero.

## Capítulo 4

## **4.1 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1.1. Conclusiones**

Se estableció una zona para la adecuación del vivero y llevar a cabo la parte experimental del proyecto que se ubicó atrás de SEBIOCA y el edificio 3D. Dentro de la parcela rectangular, sobre plásticos se colocaron las gavetas que contenían diez siembras de propágulos por cada zona de estudio.

Se examinó las tasas de crecimiento de las plántulas de *Rhizophora mangle*, mediante el uso de ANOVA. El resultado mostró que todos los grupos de dragado presentan altas tasas de crecimiento en comparación a los controles correspondientes al sustrato y arena.

También, se determinó que todos los tipos de sedimento mantenían un buen desarrollo de las plántulas, sin embargo, se observó que el tiempo influyó en los propágulos que estaban sembrados en las diferentes zonas de dragado porque presentaron una mayor germinación y desarrollo.

Los grupos de la variable área que presentaron mayor diferencia significativa fueron: M1 y KP1. Mientras que los grupos KP2 y M1 presentaron mayor diferencia significativa respecto a los controles, de la variable Biomasa.

### **4.1.2. Recomendaciones**

La parte experimental resultó favorable, sin embargo, se necesita llevar a cabo por más tiempo este tipo de pruebas para registrar mejores respuestas y así satisfacer la pregunta de investigación planteada. Por ello, se recomienda que las muestras de sedimento se sometan a prueba por un prolongado intervalo de tiempo, para evaluar la calidad del dragado, el crecimiento y supervivencia de los propágulos. Además, es importante considerar el uso de los



materiales adecuados para la siembra, en especial las fundas que se usaran para sembrar los propágulos, asimismo, al solicitar material de dragado es necesario especificar la cantidad a usar y la consistencia, de preferencia que este sea solido con pequeño porcentaje de agua para no despreciar sedimento y que las fundas puedan ser llenadas equitativamente.

El tiempo de riego fue variado en algunas ocasiones, a pesar de que, este tipo de plantas son bastante resistentes, se recomienda que el proceso de riego sea constante y que las gavetas permanezcan con cierta cantidad de agua para que el sedimento se mantenga húmedo y que de esta forma las condiciones en las que se encuentran sean similares a las de los ecosistemas de manglar.

A pesar de las condiciones del vivero, los insectos abrían paso al interior del mismo, algunos de ellos causando perdida de las hojas o el ápice de los propágulos, entre los más comunes, los pulgones, por ello, se recomienda tener un control de estas plagas y otras que pueden aparecer, ya sea con insecticidas caseros o industriales para que no exista mortalidad en las plantas sujetas a estudio.

## Referencias

- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313-322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Antiñolo, J. S. (1989). Usos productivos del material dragado. *Revista Digital del Cedex*, 72, Article 72.
- Benitez-Pardo, D., Flores-Verdugo, F. J., Casas-Valdez, M., Hernández-Carmona, G., Valdez-Hernández, J. I., & Gómez-Muñoz, V. (2015). Forestación de isletas de dragado utilizando dos especies de mangles, en una laguna costera del Golfo de California, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 165-174. <https://doi.org/10.17129/botsoci.134>
- Castillo Elías, B., Gervacio Jiménez, H., Vences Martínez, J. Á., Castillo Elías, B., Gervacio Jiménez, H., & Vences Martínez, J. Á. (2021). Propagación vegetativa del mangle (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.) bajo condiciones de vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 168-184. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.1082>
- CONABIO. (2023). *Rhizophora mangle*. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf)
- Crespo, D. C. G. de la C. R., León, L. G. A. A., & Calderón, F. G. C. (2016). La gestión ambiental empresarial, su función frente a los cambios climáticos globales. Camaroneras, caso: Manglares de Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 8(3 (E)), Article 3 (E). <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/410>
- Flores-Verdugo, F., Agraz, M., & Pardo, D. (2023). *CREACiÓN Y RESTAURACiÓN DE ECOSISTEMAS DE MANGLAR: PRINCIPIOS BÁSICOS*.
- Godoy, M., & Rueda, F. (2018). Los Manglares. *Desarrollo Local Sostenible*, febrero. <https://www.eumed.net/rev/delos/31/Maria-Godoy-galapagos.html>

- Hernández-Félix, L., Molina-Rosales, D., Agraz-Hernández, C., Hernández-Félix, L., Molina-Rosales, D., & Agraz-Hernández, C. (2017). Servicios ecosistémicos y estrategias de conservación en el manglar de Isla Arena. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(3), 427-449.
- Herrera Silveira, J. A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., Teutli Hernández, C., Herrera Silveira, J. A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61-72.
- Homepage. (s. f.). Jan De Nul. Recuperado 29 de junio de 2023, de <https://www.jandenul.com/>
- Mapas – CCONDEM. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2023, de <https://www.ccondem.org.ec/mapas/>
- Martínez-Zacarías, A. A., Chamorro-Florescano, I. A., Pech-Canché, J. M., Alanís-Méndez, J. L., & Basáñez-Muñoz, A. de J. (2017). Propágulos de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) barrenados por *Coccotrypes rhizophorae* (Coleoptera: Curculionidae) en el manglar de Tumilco, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1120-1128.
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (s. f.). *IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LOS MANGLARES DE ECUADOR*.
- Rabaza, J. A. S. (2019). *Modulación del crecimiento inicial y la fisiología de Rhizophora mangle L. mediante cambios en el hidrorperíodo*. [https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1574/1/PCB\\_M\\_Tesis\\_2019\\_Julio\\_Salas\\_Rabaza.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1574/1/PCB_M_Tesis_2019_Julio_Salas_Rabaza.pdf)
- Restauración Ecológica de los manglares en la Costa del Ecuador*. (s. f.).

- Ruíz, T. C. H. (2021). *Vectores de dispersión de polen y diversidad de organismos asociados a las flores del mangle rojo (Rhizophora mangle) L.*  
[http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/d1cde9d4-b3bc-4db4-9fe6-af8253fe0784/Vectores%20de%20dispersi%C3%B3n%20de%20polen.pdf?ticket=TICKET\\_ET\\_538158beb36bcbbbf606b12b34b74c2eb7138f7d#:~:text=mangle%20es%20polinizada%20primariamente%20por,funci%C3%B3n%20del%20%C3%A1rea%20de%20manglar.](http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/d1cde9d4-b3bc-4db4-9fe6-af8253fe0784/Vectores%20de%20dispersi%C3%B3n%20de%20polen.pdf?ticket=TICKET_ET_538158beb36bcbbbf606b12b34b74c2eb7138f7d#:~:text=mangle%20es%20polinizada%20primariamente%20por,funci%C3%B3n%20del%20%C3%A1rea%20de%20manglar.)
- Salazar, J. A., & Meras, N. E. (2020). *Elaboración de un manual de forestación de manglares en Ecuador.* <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56474/1/T-112873%20MERAS-ALCOCER.pdf>
- SIRE. (s. f.). *Rhizophora mangle (L.) C.DC.*
- Suárez, M. A., Calle, J. M., Quinteros, E. M., Valencia, L. R., & Basantes, M. C. (2015). Análisis del impacto económico de la aplicación del Decreto N° 1391 en la regularización de la Industria Acuícola Camaronera del Ecuador / Analysis of the economic impact of the application of Decree No. 1391 on the regularization of Ecuador Shrimp Aquaculture Industry. *CIENCIA UNEMI*, 8(16), Article 16. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol8iss16.2015pp11-20p>
- Suratman, M. N. (2008). Carbon Sequestration Potential of Mangroves in Southeast Asia. En F. Bravo, R. Jandl, V. LeMay, & K. von Gadow (Eds.), *Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change* (pp. 297-315). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8343-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8343-3_17)

Yáñez-Arancibia, A., Day, J. W., Twilley, R. R., & Day, R. H. (2014). Manglares: Ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y bosques*, 20(spe), 39-75.

Yáñez-Arancibia, A., & Lara-Domínguez, A. L. (Eds.). (1999). *Ecosistemas de manglar en América tropical =: Mangrove ecosystems in tropical America* (1. ed). Unión Mundial para la Naturaleza ; National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Dept. of Commerce ; Instituto de Ecología.