



UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

**INFLUENCIA DE FACTORES ABIÓTICOS EN EL
DESARROLLO DE RAÍCES PRIMARIAS DE
PROPÁGULOS *Rhizophora mangle* EN TRES
TIPOS DE SUSTRATOS DIFERENTES. DATA DE
VILLAMIL PROVINCIA DEL GUAYAS – ECUADOR**

TESIS DE GRADO

Previa obtención del Título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR:

JUAN GABRIEL ROMERO RIVAS

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD PENÌNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
ESCUELA DE BIOLOGÌA MARINA

INFLUENCIA DE FACTORES ABIÓTICOS EN EL
DESARROLLO DE RAÍCES PRIMARIAS DE
PROPÁGULOS *Rhizophora mangle* EN TRES
TIPOS DE SUSTRATOS DIFERENTES. DATA DE
VILLAMIL PROVINCIA DEL GUAYAS - ECUADOR

TESIS DE GRADO

Previa obtención del Título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR:

JUAN GABRIEL ROMERO RIVAS

Tutor

BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO. Msc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas, investigaciones y resultados expuestos en esta tesis, pertenecen exclusivamente al autor; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Juan Gabriel Romero Rivas

DEDICATORIA

A Dios, a mi Madre, a mi Hijo y a mis
Hermanos que son mi inspiración para
triunfar en la vida, y a todas las personas
que de una u otra manera me ayudaron a
cristalizar mi anhelo.

Juan Gabriel Romero Rivas

AGRADECIMIENTO

A Dios por sus infinitas bendiciones

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En particular a mi tutora, Bióloga Mayra Cuenca que con paciencia e ideas científicas, profesionales oriento mi trabajo al éxito.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ocean. Johnny Chavarría V. P.Hd.(c)
Decano Facultad Ciencias del Mar

Blga. Dennis Tomala S. Msc.
Directora Escuela Biología Marina

Blgo. Richard Duque M. Mgt.
Profesor de Área

Blga. Mayra Cuenca Z. Msc.
Profesora tutor

Abg. Joe Espinoza Ayala, Mgt.
Secretario General

ÍNDICE DE FIGURAS

	pag.
1 RESUMEN	xxii
2. INTRODUCCIÓN	xxiii
3. JUSTIFICACIÓN	xxv
4. OBJETIVO GENERAL	xxvii
5. OBJETIVO ESPECÍFICO	xxvii
6. HIPÓTESIS	xxviii
7 MARCO TEÓRICO	1
7.1 Distribución Natural De <i>Rhizophora mangle</i>	1
7.2. Hábitat	1
7.3. Aspectos Fisiológicos	1
7.3.1. Adaptación	1
7.3.2. Competencia	2
7.3.3. Establecimiento	3
7.3.4. Nutrición	3
7.3.5. Respiración	4
7.3.6. Excreción	4
7.4. Biología de la Especie	5
7.4.1. Reproducción sexual y Crecimiento Inicial	5
7.4.2. Desarrollo de la plántula	6
7.4.3. Comportamiento Radical	7
7.5. Fenología	8
7.5.1. Follaje	8
7.5.2. Floración	9
7.5.3. Polinización	9

7.6. Descripción Morfológica	9
7.6.1. Forma	9
7.6.2. Corteza	10
7.6.3. Tronco y Ramas	10
7.6.4. Hojas	11
7.6.5. Flores	11
7.6.6. Frutos	12
7.6.7. Semillas	13
7.6.8. Raíz	13
7.7. Taxonomía	15
7.8. Estrategias De Conservación	15
7.8.1. Restauración	15
7.8.2. Reforestación	16
7.8.3. Vivero	17
7.9. Factores Ambientales	18
7.9.1. Suelo	18
7.9.2. Textura	19
7.9.3. Humedad	20
7.9.4. Temperatura	20
7.9.5. pH	21
7.9.6. Salinidad	22
8. MATERIALES Y MÉTODOS	23
8.1 Materiales	23
8.2 Metodología	24
8.2.1. Área de estudio	24

8.2.2. Metodología de campo	25
8.2.2.1. Construcción de vivero	25
8.2.2.2. Colecta de Sustratos	25
8.2.2.3 obtención de propágulos de <i>Rhizophora mangle</i>	26
8.2.2.4. Siembra de propágulos de <i>Rhizophora mangle</i>	27
8.2.2.5. Riego	27
8.2.3. Diseño experimental	27
8.2.3.1 variables físicas	28
8.2.3.1. Variable biológica	28
8.2.4. Metodología de laboratorio	28
8.2.4.1. Determinación de la textura del suelo	28
8.2.4.2. Determinación del pH del suelo	29
8.2.4.3. Determinación de la temperatura del suelo	30
8.2.4.4. Determinación de la humedad del suelo	30
8.2.4.5. Determinación de la salinidad del suelo	30
8.2.5. Metodología estadística	31
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	32
10. CONCLUSIONES	60
11. RECOMENDACIONES	61
12. BIBLIOGRAFÍA	62
13 ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Germinación de propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> : A fruto inmaduro, B desarrollo embrionario dentro del fruto, C fruto maduro, germinación de la semilla ligada a la planta madre.	6
Figura 2	Crecimiento de propágulos desde fruto hasta la etapa adulta.	6
Figura 3	Anclado del propágulo al sustrato	7
Figura 4	Segmentos de raíces primarias, pivotantes y adventicias: A raíces primarias en propágulo: A la flecha indica la zona pilífera, B segmento de una raíz pivotante la flecha indica una lenticela hidrófoba, C segmento de una raíz adventicia la flecha indica una lenticela.	8
Figura 5	Estructura arbórea de <i>Rhizophora mangle</i> .	9
Figura 6	Corteza externa de <i>Rhizophora mangle</i> .	10
Figura 7	Ramas dicotómicamente ramificadas.	11
Figura 8	Hojas compuestas: A verde oscuro, B envés amarillento con puntos negros.	11
Figura 9	Flores actinomorfas.	12
Figura 10	Fruto maduro de <i>Rhizophora mangle</i> .	13
Figura 11	Propágulo o plántula en desarrollo.	13
Figura 12	Raíces en forma de zancos.	14
Figura 13	Vista satelital de Data de Villamil. (Fuente: Google, modificado por Romero, 2015).	24

Figura 14	Coordenadas geográficas del vivero y recolección de sustratos. Elaborado por Romero, 2015).	26
Figura 15	Triángulo de textura del sistema de clasificación de la USDA.	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de texturas.	19
Tabla 2	Coordenadas geográficas de colecta de sustrato.	25
Tabla 3	Características para elegir propágulos viables.	26
Tabla 4	Evolución semanal de la longitud de raíces en propágulos en los diferentes tratamientos (sustratos) y el testigo fase vivero.	32
Tabla 5	Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento I y el testigo.	33
Tabla 6	Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento II y el testigo.	33
Tabla 7	Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento III y el testigo.	34
Tabla 8	Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento I, fase vivero.	36
Tabla 9	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento I, fase vivero.	36
Tabla 10	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento I, fase vivero.	37
Tabla 11	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento I, fase vivero.	38
Tabla 12	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento I, fase vivero.	39
Tabla 13	Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento II, fase vivero.	42
Tabla 14	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíz y pH. Tratamiento II, fase	

	vivero.	42
Tabla 15	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: Longitud De Raíz y temperatura. Tratamiento II, fase vivero.	43
Tabla 16	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: Longitud De Raíz y humedad. Tratamiento II, fase vivero.	44
Tabla 17	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: Longitud de raíces y Salinidad. Tratamiento II, fase vivero.	45
Tabla 18	Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento III, fase vivero.	48
Tabla 19	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento III, fase vivero.	48
Tabla 20	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento III, fase vivero.	49
Tabla 21	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento III, fase vivero.	50
Tabla 22	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento III, fase vivero.	51
Tabla 23	Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Testigo, fase vivero.	54
Tabla 24	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Testigo, fase vivero.	54
Tabla 25	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Testigo, fase vivero.	55
Tabla 26	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Testigo, fase vivero.	56

Tabla 27	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Testigo, fase vivero.	57
Tabla 28	Mortalidad semanal registrada para cada tratamiento en la fase vivero.	59

ÍNDICE DE GRÀFICOS

Gráficos 1	ANOVA del crecimiento de las raíces de los propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> en cada tratamiento, fase vivero.	34
Gráficos 2	Promedio de crecimiento de las raíces de los propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> en cada tratamiento.	35
Gráficos 3	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento I.	37
Gráficos 4	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento I, fase vivero.	38
Gráficos 5	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento I, fase vivero.	39
Gráficos 6	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento I, fase vivero.	40
Gráficos 7	Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos TI vs Tg.	41
Gráficos 8	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento II, fase vivero.	43
Gráficos 9	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento II, fase vivero.	44
Gráficos 10	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento II, fase vivero.	45
Gráficos 11	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento II, fase vivero.	46
Gráficos 12	Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos T 2 vs Tg.	47

Gráficos 13	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento III, fase vivero.	49
Gráficos 14	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento III, fase vivero.	50
Gráficos 15	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento III, fase vivero.	51
Gráficos 16	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento III, fase vivero.	52
Gráficos 17	Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos en el T I vs Tg.	53
Gráficos 18	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables.	55
Gráficos 19	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Testigo, fase vivero.	56
Gráficos 20	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Testigo, fase vivero.	57
Gráficos 21	Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Testigo, fase vivero.	58
Gráficos 22	Tasa de mortalidad registrada en cada tratamiento de la fase vivero.	59

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1	Colecta de sustrato	69
Foto 2	Tamizado de sustrato.	69
Foto 3	Determinación de textura en los diferentes sustratos, en laboratorio de química de la U.P.S.E.	70
Foto 4	Determinación de humedad en los diferentes sustratos, en laboratorio de química de la U.P.S.E.	70
Foto 5	Selección de propágulos.	71
Foto 6	Llenado de fundas con los diferentes sustratos.	71
Foto 7	Siembra de propágulos de <i>Rhizophora mangle</i>	72
Foto 8	Tratamientos preparados para la investigación.	72
Foto 9	Toma de temperatura en los tratamientos.	73
Foto 10	Lectura del pH en los tratamientos y testigo.	73
Foto 11	Medición de raíces primarias en propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> , en la primera semana.	74
Foto 12	Medición de raíces primarias en propágulos de <i>Rhizophora</i> en la cuarta semana de investigación.	74
Foto 13	Medición de raíces primarias en propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> , al término de la investigación.	75

GLOSARIO

Abióticos: Carente de vida.

Bióticos. Aquello que resulta **característico de los organismos vivos** o que mantiene un vínculo con ellos.

Embrión: Planta en miniatura en estado de vida latente o letargo. Se forma generalmente como consecuencia de la fecundación de la oófera.

Enzimas. Molécula que se encuentra conformada principalmente por proteína que producen las células vivas, siendo su función destacada la de actuar como catalizador y regulador en los procesos químicos del organismo, es decir, cataliza las reacciones bioquímicas del metabolismo.

Estrés fisiológico: Reacción que se produce en el organismo ante los estímulos estresantes. Ante una situación de estrés, el organismo tiene una serie de reacciones fisiológicas que suponen la activación del eje hipofisopararrenal y del sistema nervioso vegetativo.

Fangosidad: Cualidad de fangoso.

Germoplasma: Conjunto del material hereditario que se transmite a la descendencia a través de los gametos, las células sexuales primarias que inician la

reproducción vegetal.

Iones: es un átomo o un grupo de átomos que ya sea por la circunstancia de haber perdido o ganado electrones se sumaron una carga eléctrica, es decir, los iones son átomos que no son neutros en materia eléctrica.

Lenticelas Hidrófobas: Son estructuras que se encuentran en las raíces pivotantes y aseguran la entrada de oxígeno pero no de agua, y el intercambio gaseoso entre los tejidos internos y el exterior.

Microorganismos Descomponedores: Son organismos capaces de transformar la materia orgánica de los restos de animales y vegetales muertos en materia inorgánica.

Perennifolio: Son aquellas plantas que no pierden sus hojas durante los cambios de estación.

Propágulos: son una modalidad de reproducción asexual en vegetales, por la que se obtienen nuevas plantas y órganos individualizados. Los tejidos de la porción separada deben recuperar la condición de meristemas para producir todo el conjunto de órganos de la planta.

Radícula: Parte del embrión de las plantas que origina la raíz.

Reforestación: acción de poblar o repoblar con especies arbóreas o arbustivas, mediante plantación, regeneración manejada o siembra, cualquier tipo de terreno.

Refractómetro: Aparato que mide la concentración de una solución calculando el índice de refracción.

Sistema Vascular: Sistema circulatorio y digestivo para obtener y distribuir los nutrientes, las plantas usan un sistema vascular. Este sistema absorbe el agua, las vitaminas y minerales del suelo y luego transmite la energía en forma de carbohidratos hacia las raíces. Los principales componentes del sistema vascular son el xilema y el floema.

Solubilidad: Cantidad de soluto que a una temperatura determinada puede diluirse en un disolvente para formar una disolución saturada.

Vivero: Estructura que tiene como propósito fundamental la producción de plantas.

Zona internársele: Área geográfica a lo largo de la costa que se encuentra bajo agua durante la marea alta (pleamar), pero que queda expuesta al aire durante la marea baja (bajamar).

ABREVIATURAS

Ca	Carbono.
cm	Centímetro.
K	Potasio.
Mg	Magnesio
m.	Metro.
pH:	Potencial de hidrogeno
T g.	Tratamiento testigo.
T I	Tratamiento 1
T II.	Tratamiento 2
T III	Tratamiento 3

1. RESUMEN

La evaluación de la influencia de los factores abióticos en el desarrollo de las raíces primarias de *Rhizophora mangle*, se realizó en tres sustratos o tratamientos diferentes: T1= 79% arcilla, T2= 93,5% arena, T3= 24% arcilla – 65% arena, comparando los resultados obtenidos con sustrato testigo (limoso) tomado del área de donde se reproduce normalmente las plántulas de mangle. Los propágulos provenientes del estero de Data, fueron seleccionados *in situ* y transportados hasta un vivero donde se repartieron en 4 grupos de 100 propágulos, cultivados y monitoreados durante 8 semanas para lo cual se midieron periódicamente las raíces; se estableció la existencia o no de correlación con los parámetros abióticos de pH, temperatura humedad y salinidad para mediante test de Spearman's con un $\alpha = 0,05$; las diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo se obtuvo mediante análisis de varianza. El mayor crecimiento de raíces se obtuvo en el T1 en comparación con el testigo, mientras que el valor promedio inferior se registra en el T3 pese a ello los resultados obtenidos muestran con un N.C = 95% que no existen diferencias significativas de influencia entre los sustratos y el testigo que afecten el crecimiento de las raíces primarias. El test de Spearman's muestra variaciones de correlación de parámetros abióticos vs crecimiento de raíces en cada sustrato excepto con la temperatura (22,7 a 26,4°C), que parece ser el rango ideal ya que no mostró influencia significativa sobre el crecimiento. La tasa de mortalidad más baja se registró en los Tratamientos 1 y 2 con el 7% cada uno. Los datos obtenidos permiten concluir que el tipo de sustrato en vivero, no influye significativamente en el desarrollo de las raíces primarias de *Rhizophora mangle*, no así los parámetros de pH, salinidad y humedad que manifiestan correlación según el tipo de sustrato.

Palabras clave: *Rhizophora mangle*, raíces primarias, sustrato, test de Spearman's, vivero, crecimiento, Anova.

2. INTRODUCCIÓN

Los manglares son árboles costeros adaptados a vivir en ambientes húmedos con entradas de agua salada. Son de gran importancia en el equilibrio ecológico de nuestro planeta ya que evitan la erosión, retienen carbono, descontaminan el agua y proveen alimento y refugio a una gran diversidad especies, como fragatas, delfines, crustáceos y moluscos.

Rhizophora mangle es una especie capaz de tolerar salinidad del suelos de hasta 65 ups, es considerada una especie esclusera ya que limita el ingreso de sales hacia su interior; sus propágulos están siendo utilizados para reforestación mediante siembra directa en diversas partes del mundo, sin embargo su mortalidad es alta durante la fase del desarrollo radicular.

Es por esta razón que metodológicamente el trabajo se enmarcó en evaluar la influencia de factores abióticos sobre el desarrollo de las raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle*, aplicando análisis de varianza que permitan encontrar diferencias significativas entre los sustratos, de igual forma se evaluó la influencia del pH, temperatura, humedad y salinidad del suelo en el desarrollo de las raíces, comparando su crecimiento semanalmente aplicando test de Spearman's.

La necesidad en el país de recuperar áreas de manglares deforestadas, ha llevado a organizaciones políticas, sociales y comunidades a implementar viveros para el desarrollo de propágulos recuperando las áreas deforestadas por la industria

camaronera que indiscriminadamente alteró las zonas estuarinas; pese a ello la mortalidad de los propágulos en etapas tempranas de desarrollo es evidente, de ahí que el presente trabajo contribuirá a minimizar esta mortalidad y a comprender mejor las condiciones ambientales que *Rhizophora mangle* necesita para su crecimiento.

3. JUSTIFICACIÓN

El manglar es considerado como uno de los ecosistemas más productivos del mundo debido a que alberga una biodiversidad única e irremplazable y presta servicios ambientales como: proteger las costas de la erosión, control de inundación, retención de sedimento y sustancias tóxicas, purificador de agua que llega al mar, almacenadores de carbono, (Mangrove Action Project MAP 2008) además también actúa como fuente de materia orgánica, refugio de vida silvestre, belleza escénica, y como fuente de alimentación para comunidades aledañas, ayudando de esta manera a mantener el equilibrio ecológico del mundo.

Dada la importancia del ecosistema de manglar para el mundo y su vulnerabilidad frente al crecimiento camaronero que se proyectaba con gran agresividad desde 1961, Ecuador declara bajo Decreto Ejecutivo 824-A publicado en el Registro oficial número 208 el 17 de junio de 1985. De interés público la conservación de los bosques de manglar, meses después la subsecretaría de pesca bajo Decreto de Ley 03 publicado en el Registro Oficial número 252 del 19 de agosto de 1985 suspendió cualquier licencia para practicar la acuicultura en zonas de manglar. A pesar de las estrategias de conservación tomadas por el gobierno, no se detuvo la destrucción de los ecosistemas de manglar, convirtiendo el auge camaronero en la época que más se taló este humedal.

En la actualidad los bosques de manglar del Ecuador han dejado de

desaparecer gracias a un cambio de conciencia y a que el gobierno, según Resolución número 056 del 28 enero 2011, resolvió en el artículo 1.- Establecer como costo total por pérdida de bienes y servicios ambientales y costo de restauración por tala, aprovechamiento o destrucción de bosque de manglar, la cantidad de USD \$. 89.273,01 por hectárea y obliga al sector camaronero a reforestar el 10% del total de sus hectáreas de producción, logrando así que estos bosques inicien su recuperación.

La conservación y recuperación del manglar implica que se utilicen criterios técnicos, por lo que se realizó un trabajo experimental que permitió demostrar el efecto de los factores abióticos; pH, temperatura, humedad, salinidad, textura, sobre el desarrollo de las raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle* bajo tres sustratos diferentes (Arena de playa, Arcilla, y Arena con Arcilla) en condiciones de vivero. De esta manera se aporta con conocimientos técnicos que servirán de base para programas de restauración del ecosistema manglar.

4. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la influencia de factores abióticos que intervienen en el crecimiento de las raíces primarias de *Rhizophora mangle*, en tres tipos de sustratos diferentes, reconociendo la superficie al que mejor se adapta los propágulos.

5. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar el sustrato en el que mejor se desarrollan las raíces de propágulos de *R. mangle* en vivero, aplicando análisis de varianza.
- Evaluar la influencia de parámetros abióticos (pH, Temperatura, Humedad Salinidad,) en el desarrollo de las raíces primarias de *Rhizophora mangle* en tres tipos de sustratos.
- Calcular la mortalidad de *Rhizophora mangle* cultivado en diferente sustrato comprobando así el sustrato adecuado para la siembra.

6. HIPÓTESIS

Ho

Los factores abióticos no influyen en el desarrollo de raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle* que se cultivan en tres tipos de sustratos diferentes bajo condiciones de vivero.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 Distribución natural de *Rhizophora mangle*

Especie con un alto patrón de distribución en costas tropicales y subtropicales del mundo, en latitudes 30° Norte y 30° Sur (Chapman, 1970, Jiménez. 2000).

En el Ecuador esta especie se distribuye desde la Provincia de Esmeraldas al Norte, hasta la provincia del Oro al Sur. Se encuentran presentes en las 41 unidades de manglar que se localizan a lo largo de la costa ecuatoriana, comprendiendo aproximadamente 154.087.31 *ha* (Bodero, 2005).

7.2. Hábitat.

Especie característica de zonas intermareales, lagunas costeras, esteros y estuarios su mejor desarrollo lo alcanzan en ambientes con influencia de marea pero sin impactos de olas, salinidad variable, corrientes débiles, suelos de textura arcillo limosa con alto contenido de nutrientes, materia orgánica, pH ligeramente ácido, humedad alta, y temperaturas entre 21 y 30 °C.

7.3. Aspectos Fisiológicos

7.3.1. Adaptación

Se adapta a un gradiente de luz que va desde sitios con alta insolación a sitios semi-sombreados. Sin embargo en áreas donde compite por la luz, sufre un

estrés fisiológico que resultan en una tasas de respiración mayores y tasas de crecimientos menores (Lugo *et al.*, 1974).

Rhizophora mangle es una especie que se adapta fácil a sitios salinos y anegados, sin embargo entre las especies de manglar es la que menos salinidad tolera 65 ups. En esta especie destaca su complicado sistema radicular en forma de zancos que sostienen la planta y ayuda en procesos de respiración y nutrición. Otra característica adaptativa es la presencia de estructuras para eliminar el exceso de sal a través de glándulas especializadas.

7.3.2. Competencia.

Aunque existen pocas especies que puedan sobrevivir en condiciones de salinidad y fangosidad, ***R. mangle*** durante su primera fase de desarrollo enfrenta una fuerte competencia por espacio, por lo que su sobrevivencia, crecimiento y habilidad competitiva dependerán de las reservas maternas que haya adquirido durante su desarrollo embrionario.

Un incremento en el área basal de ***Avicennia*** y ***Laguncularia*** en sitios fértiles, con altos contenidos de nutrientes, pueden limitar el desarrollo de ***R. mangle*** por competencia de luz. Debido a que ***Rhizophora mangle*** exhibe sus más alta producción de hojas y raíces cuando están expuestas a altas condiciones de luz (Banus, 1975, citado en Jiménez, 2000).

Muchos consideran a esta especie como intolerante a la sombra permanente ya que se han observado plántulas que merman su desarrollo cuando el espectro solar es bajo.

7.3.3. Establecimiento.

La viabilidad de los propágulos es muy alta debido a la abundante reserva de nutrientes adquiridos durante su desarrollo embrionario y de la cual depende durante el primer año de vida (Cristhian *et al.*, 2002).

Esta capacidad se puede ver afectada por factores ambientales bióticos y abióticos tales como: pH, temperatura, humedad, salinidad, corriente oceánica, oleaje fuerte y por el ataque de plagas y depredadores. Convirtiendo el anclado en un paso crítico en la primera fase de su desarrollo.

7.3.4. Nutrición

Las enzimas del suelo y microorganismos descomponedores, actúan sobre el sustratos orgánicos, haciendo disponible los nutrientes para las plantas, relacionándose así con los ciclos de nitrógeno (ureasa-proteasa), fósforo (fosfatasa) y carbono (β -glucosidasa) (Dinesh *et al.*, 2004).

Los propágulos presentan una gran reserva de nutrientes y un desarrollo avanzado del embrión por lo que al arraigarse en el sustrato rápidamente pueden aparecer sus raíces primarias y luego el primer par de hojas.

7.3.5. Respiración

Rhizophora mangle realiza su respiración a través de las hojas, pero también posee en sus raíces, lenticelas hidrófobas permeables al aire y no al agua, las cuales se abren y se cierran de acuerdo al nivel de inundación presente, permitiendo que el oxígeno se difunda y que el bióxido de carbono y otros gases salgan.

Estas estrategias anatómicas y morfológica les permite superar la falta de oxígeno mostrando así su alto grado de adaptabilidad ha ambientes inundados y su progresión en procesos evolutivos.

7.3.6. Excreción

La Exclusión de la sales se hace a través de células especializadas que llevan a cabo esta tarea sin limitar el funcionamiento normal del resto de células. La sal se filtra en las membranas de las células que se encuentran en las raíces, esta circula por todo el sistema vascular y se acumula junto con sustancias toxicas en vacuolas dentro de las células que se localizan en las hojas.

Una vez que el exceso de sal y sustancias toxicas sobrepasan la tolerancia de

las hojas, esta se va poniendo amarilla y la planta las deshecha, despojándose así de los excesos de sal y sustancias tóxicas.

7.4. Biología de la especie

7.4.1. Reproducción sexual y crecimiento inicial

El mangle rojo puede reproducirse de manera sexual y asexual. Sin embargo su principal órgano de reproducción son las flores. Estas están compuestas por cuatro sépalos persistentes, cuatro pétalos efímeros, ocho estambres y un ovario inferior con cuatro óvulos, de los cuales usualmente se desarrolla uno solamente (Gill, 1971, Wanderley, 1973).

Las flores crecen en el eje extremo de las ramas para luego ser fecundada por el polen que es esparcido por el viento desde otras flores (Tomlinson, 1979). Después de la fertilización, el embrión continúa su desarrollo sin una fase de inactividad detectable.

La germinación ocurre dentro del fruto cuando el embrión alcanza una longitud de 1.8 cm. Después de aproximadamente 30 días, la radícula sale a través de la pared del fruto. (Juncosa, 1982, citado en Jiménez, 2000).

Las semillas son en realidad plántulas que permanecen pegados a la planta madre hasta alcanzar cierto tamaño siendo, este un fenómeno típico de las especies vivíparas.

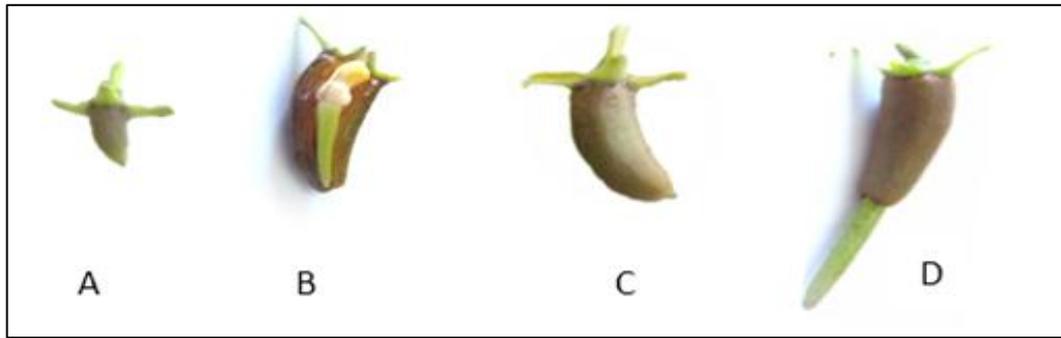


Figura 1 Germinación de propágulos de *Rhizophora mangle*. A fruto inmaduro, B desarrollo embrionario dentro del fruto, D fruto maduro, C germinación y desarrollo de la semilla ligada a la planta madre.

7.4.2. Desarrollo de la plántula

Después de romper la pared del fruto, las plántulas crecen por un período de 3 a 6 Meses antes de caer del árbol progenitor, luego son transportadas por las corrientes hasta un lugar poco profundo donde se anclan por medio de raíces primarias. El tiempo que requiere una plántula para anclarse firmemente, normalmente es de 2 semanas pero varía de acuerdo al nivel del agua y la intensidad de las corrientes (Rabinowitz, 1978., citado en Ronald, 2105).



Figura 2 Crecimiento de propágulo desde el fruto hasta su etapa adulta.

Se han llegado a observar propágulos viables después de un año de haberse desprendido de los árboles y flotando a cientos de kilómetros mar adentro en espera de un sustrato donde establecerse (Cristian, 2002).

El anclado de las plántulas parece ser un paso crítico en el proceso de establecimiento ya que es en esta fase donde se reportan tasas de mortalidad altas (Chapman, 1976, Jiménez. 2000). Mortalidades altas también son reportadas en suelos que superan el rango de tolerancia de la salinidad debido a que esta determina el crecimiento de raíces en los propágulos (Febles, López, y Sampedro 2007).

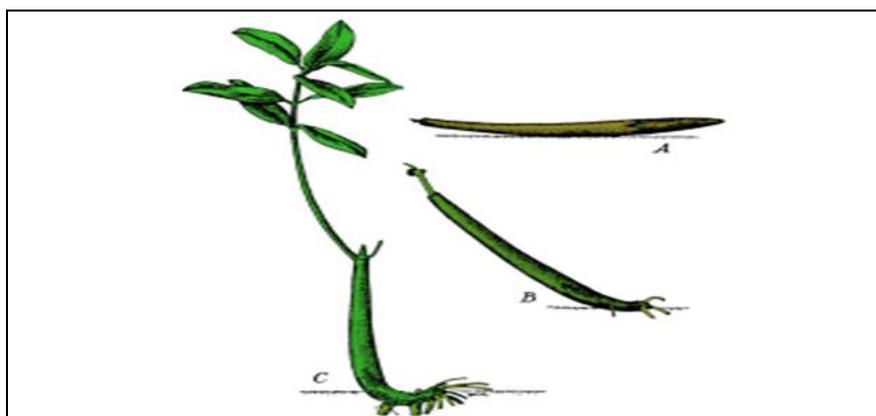


Figura 3 Anclado del propágulo al suelo: A propágulo en la superficie de un sustrato, B desarrollo inicial de raíces, C arraigo y establecimiento en posición vertical.

El óptimo crecimiento ocurre cuando existen niveles de salinidad bajos o moderados (Kirui *et al.*, 2012).

7.4.3. Comportamiento radical

El sistema de raíces ha evolucionado para hacer frente a condiciones muy

adversas como la falta de oxígeno y el embate del oleaje (Ferro, 2010).

Durante la etapa juvenil, *R. mangle* desarrolla un subsistema de raíces terrestres primarias de corta vida pero fundamentales para su establecimiento y desarrollo.

La forma adulta se caracteriza por un subsistema de raíces pivotantes o de zancos, unas emergen del tronco para afianzarse al suelo y brindan al árbol soporte y alimentación, otras emergen de las ramas y se afianzan al suelo de manera superficial a estas raíces se las conoce como raíces adventicias. Ambas están provistas de lenticelas que ayudan a la obtención de oxígeno.

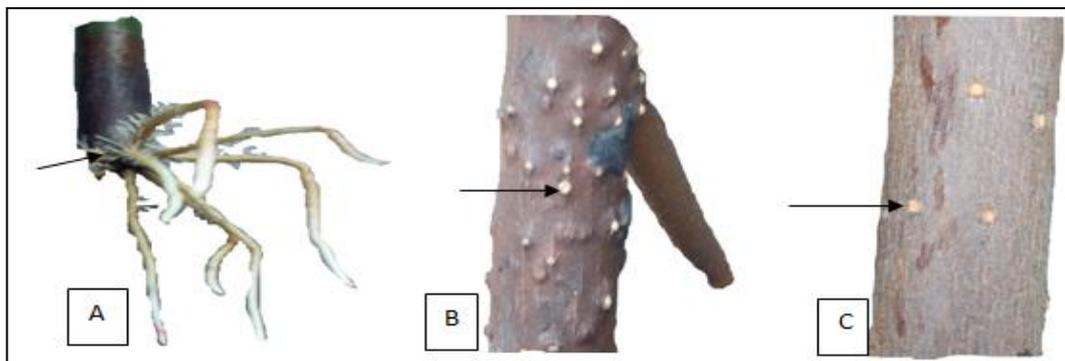


Figura 4 Segmentos de raíces primarias, pivotantes y adventicias: A raíces primarias en propágulo la flecha indica la zona pilífera, B segmento de una raíz pivotante la flecha indica una lenticela hidrófoba, C segmento de una raíz adventicia la flecha indica una lenticela.

7.5. Fenología

7.5.1. Follaje

Perennifolio. La tasa de expansión foliar y la caída de las hojas alcanza su nivel máximo en verano, cuando la temperatura y los niveles de radiación son altos.

7.5.2. Floración

La floración ocurre durante todo el año, predominantemente en el verano pero varía dependiendo de la localidad.

7.5.3. Polinización

Anemófila y entomófila, aunque el principal vector del polen es el viento. La morfología de la flor favorece la autopolinización, por lo que los niveles de endogamia son elevados.

7.6. Descripción morfológica

7.6.1. Forma

Árbol o arbusto perennifolio, halófito, de tamaño pequeño a mediano de 10 a 20 metros de altura y de 10 a 30 cm de diámetro, sin embargo, puede exceder los 40 metros de altura y 70 cm de diámetro, en sitios muy productivos es capaz de tener un crecimiento rápido (1 a 1.5 metros por año).



Figura 5 Estructura arbórea de Rhizophora mangle.

7.6.2. Corteza

Corteza externa de color olivo pálido con manchas grises, pero si se raspa adquiere un color rojo inoloro, amarga, dura, de textura lisa a rugosa y apariencia fibrosa, se desprende fácilmente en escamas internas de color rojo intenso, granulosa con alto contenido de fibras y esclereidas.

La corteza forma lenticelas hipertrofiadas en las partes sumergidas de tallos y raíces. Grosor total: 20 a 30 mm, de sus tallos se desprenden raíces aéreas.



Figura 6 corteza externa de *Rhizophora mangle*.

7.6.3. Tronco y Ramas

Tronco recto y esbelto. Ramas apoyadas en numerosas raíces aéreas de origen adventicio, simples o dicotómicamente ramificadas, con numerosas lenticelas.



Figura 7 *Ramas dicotómicamente ramificadas.*

7.6.4. Hojas

Hojas opuestas, simples, pecioladas, elípticas a oblongas, aglomeradas en las puntas de las ramas, de 8 a 13 cm de largo por 4 a 5.5 cm de ancho, verde oscuras en el haz y amarillentas con puntos negros en el envés.

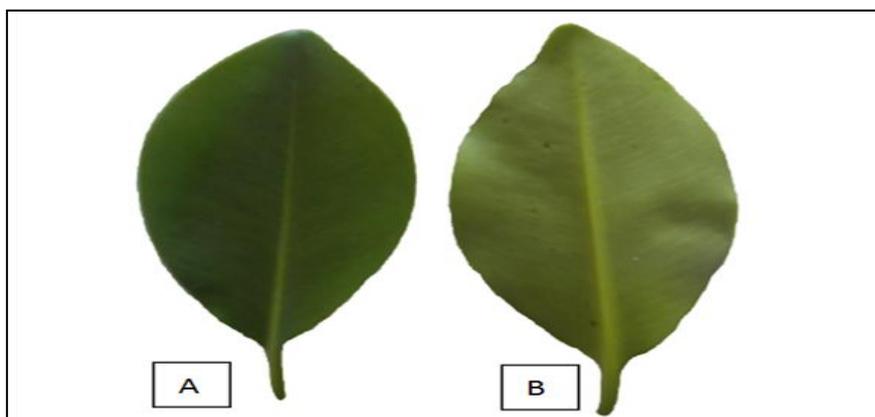


Figura 8 *Hojas compuestas: A haz verde oscuro, B envés amarillento con puntos negros.*

7.6.5. Flores

Inflorescencias simples, las flores brotan de 2 a 4, juntas, sobre un pedúnculo verdoso en forma de horqueta, de 3 a 5 cm, flores actinomorfas; corola de 1.8 cm

de diámetro; cáliz de 1.54 cm de diámetro; sépalos 4, persistentes, amarillos, coriáceos, gruesos, de 4.1 mm de ancho y menos 1 cm de largo; pétalos 4 no persistentes, blancos o amarillentos en la base y moreno rojizos arriba, de 2.6 mm de ancho y unos 2 cm de largo. Florece y fructifica durante todo el año, principalmente en verano entre junio y octubre.



Figura 9 Flores actinomorfas.

7.6.6. Frutos

Baya ovoide de color pardo, coriácea, dura, piriforme, farinosa, de 2 a 3 cm de largo por 1.5 cm de ancho en la base, cáliz persistente. Se desarrolla una semilla, rara vez dos por fruto.

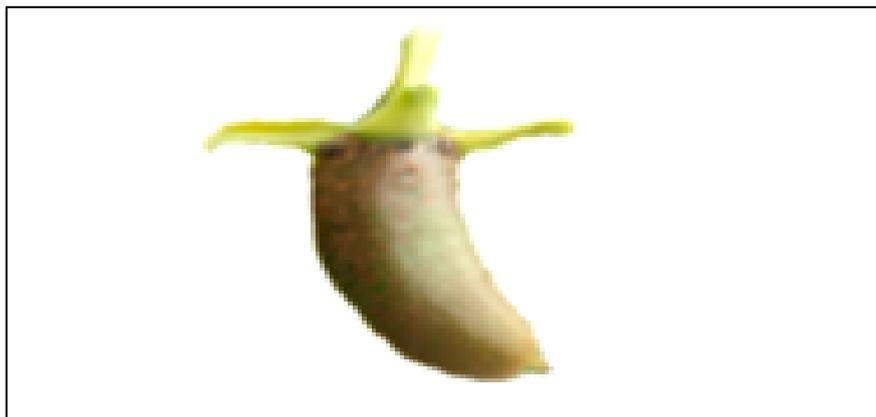


Figura 10 Fruto maduro de *Rhizophora mangle*.

7.6.7. Semillas

La semilla germina en el interior del fruto, el tallo embrionario comienza a crecer hasta formar una estructura de 22 a 40 cm de largo, color verde en la parte apical y pardo en la parte inferior, presentan numerosas lenticelas y permanece unido a la planta hasta alcanzar madures.



Figura 11 Ppropágulo o plantula en desarrollo.

7.6.8. Raíz

Destacan las modificaciones de sus raíces en prolongaciones aéreas en forma de

zancos arqueados, largos, curvos ramificadas. Estas se pueden distribuir profusamente lo cual, a veces convierten a los bosques de *Rhizophora mangle*, en casi impenetrables (Chapman, 1976; Jiménez. 2000).

Se pueden observar muchos pequeños poros llamados lenticelas en forma de poros o aberturas hidrófobas permeables al aire y no al agua los cuales se abren y se sierran de acuerdo al nivel de inundación ayudando en el proceso de respiración.



Figura 12 Raíces en forma de zancos.

7.7. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *Rhizophora mangle* se obtuvo de Carlos Linneo la cual se publicó en (*Species Plantarum* en el año 1753).

Reino: *Plantae*

División: *Fanerógama*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Malpighiales*

Familia: *Rhizophoraceae*

Género: *Rhizophora*

Especie: *R. Mangle*

Nombre Binomial: *Rhizophora mangle* (L. 1753).

7.8. Estrategias de conservación

7.8.1. Restauración

La restauración de la vegetación de manglar es uno de los procesos básicos en respuesta a los impactos de degradación (Field, 1996; Menéndez *et al.*, 2000; Menéndez, 2001, 2002; Capote-Fuentes y Lewis, 2004). Los bosques de *Rhizophora mangle* han logrado recuperarse en algunos casos de manera natural sin embargo en la mayoría de los casos no puede ocurrir sin la intervención del hombre (Ren *et al.*, 2008).

Esto debido a que el desarrollo de los propágulos dependen de aspectos prioritarios fundamentales, como el conocimiento adecuado de los factores ambientales que lo tensionan y que permiten el desarrollo de las raíces primarias en los propágulos, ya que esta fase es determinante para su establecimiento en cualquier tipo de sustrato.

La restauración de los manglares por tanto prevé, en primer lugar, la eliminación de los factores que lo afectan, conocimiento de los requerimientos ecológicos de los diferentes ecosistemas de manglar, así como el conocimiento de las estrategias regenerativas y adaptativas de las especies arbóreas que conforman los bosques de mangles.

7.8.2. Reforestación

La reforestación con plantas provenientes de un vivero tiene las ventajas de dar una mayor probabilidad de sobrevivencia respecto a las plántulas sembradas directamente, por lo tanto, se puede realizar una plantación de menor densidad pero con la certeza de un mejor aprovechamiento.

La reforestación directa solo funciona con los propágulos de *Rhizophora mangle* y exhiben una tasa de crecimiento de 14.2 cm al término de un año (Febles-Patron *et al.*, 2009).

Cuando se cultiva *R. mangle* en vivero, es importante pre-adaptarlas a condiciones similares al sitio donde se piensa sembrar, en particular la salinidad,

para garantizar una mayor sobrevivencia (Flores *et al.*, 2006).

7.8.3. Vivero

La producción de *R. mangle* en viveros permite prevenir y controlar los efectos de larvas de *Scarabaeidae* y *Scolitydae* y de enfermedades que sufrirán en su etapa de mayor vulnerabilidad (Sánchez-Páez *et al.*, 1998).

Los proyectos de restauración con *Rhizophora mangles* más exitosos se han logrado con plántulas desarrolladas en viveros debido a que desarrollan ciertas características que les permiten enfrentar condiciones ambientales, de las que difícilmente hubiesen podido adaptarse siendo propágulos. (Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Los viveros pueden funcionar no solo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación donde se experimente con las especies nativas de interés, con la finalidad de propiciar la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas de especies nativas que permitan su caracterización, selección y manejo.

Esto permite diseñar, conocer y adecuar las técnicas más sencillas para la propagación masiva de estas especies. Además, los viveros también podrían ser sitios de capacitación de donde surjan los promotores de nuevas técnicas.

7.9. Factores ambientales

Los elementos climáticos que influyen directamente en el desarrollo de las plantas parten de la principal fuente de energía que tiene la tierra, el sol. Entonces se puede decir que el clima actúa como gran filtro selectivo a nivel regional, pero a nivel local la distribución de las distintas especies empieza a ser determinada por otros factores, entre los que se encuentran las propiedades de los suelos, tanto físicas (temperatura, humedad, textura) como químicas (pH, salinidad).

Otros factores ambientales que actúan a este nivel local son la calidad del agua, topografía, altitud, las condiciones micro climáticas y las relaciones con otros seres vivos.

7.9.1. Suelo

El suelo constituye el lugar de vida de las plantas proporcionando nutrientes, humedad y soporte. Además el suelo es un recurso natural de suma importancia ya que se desempeña como reactor natural bio-físico-químico, así como fuente de material no renovable donde se descompone material de desecho orgánico e inorgánico que se ha reciclado dentro de él (Volke *et al*, 2005).

Los suelos del manglar son salinos, pantanosos, saturados de humedad, ligeramente ácidos, con alto contenido de materia orgánica en diversos estados de descomposición y compuestos de limo, arcilla, arena.

7.9.2. Textura

La textura se representa en el porcentaje que se encuentran los elementos en el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. (Rucks, *et al.*, 2004).

Las textura arenosa húmeda y compacta causa la unión de las partículas convirtiendo el suelo en una estructura dura e impenetrable que limita el desarrollos de las raíces, en la textura arcillosa ocurre lo contrario es decir que la escasas de humedad provoca que se unan las partículas y compacten el suelo haciendo imposible el desarrollo de las raíces.

Tabla 1 Clasificación de texturas.

CLASIFICACIÓN DE TEXTURA						
Tipos de Suelos	Términos Generales	Clases de Texturas	Tamaños de Partículas	Porcentaje por Textura		
				Arena	Limo	Arcilla
Suelo Arenoso	Suelo de textura gruesa	Arenosa	2.00 a 0.50	100-85	15-0	10-0
		Arenosa franca		90-70	30-0	15-0
	Suelo de textura medianamente gruesa	Franco arenosa	0.50 -0.05	85-43	50-0	20-0
		Franco arcillo arenosa		80-45	28-0	35-20
		Arcillo arenosa		67-45	20-0	55-35
Suelo Limoso o Franco	Suelos de texturas medias	Franco	0.05-0.02	52-23	50-32	27-7
		Franco-limosa		50-0	87-50	27-0
	Suelos de textura moderadamente fina.	Franco arcilla limosa		20-0	73-40	40-27
		Limosa		20-0	100-80	12-0
Suelo Arcilloso	Suelos de textura fina	Franco arcillosa	Menores de 0.002	45-20	53-15	40-27
		Arcillo limosa		20-0	60-40	60-40
		Arcillosa		45-0	40-0	10-40

Rhizophora mangle crecen mejor en suelos arcilloso limosos con alto contenido

de materia orgánica. Sin embargo también se desarrollan en suelos arenosos, limosos o francos y arcillosos. Con texturas que van desde gruesas, medias y finas: textura arenosa, franco arcilla arenosa, limosa y arcillosa, respectivamente.

7.9.3. Humedad

Humedad del suelo es la cantidad de agua que existe en un terreno, su concentración determina el desarrollo de las plantas, porque interviene en varias reacciones metabólicas celulares, actúa como un solvente favoreciendo la absorción de nutrientes y facilita la degradación de la materia orgánica así como regula el pH de los suelos.

El contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial. El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo (Topp, 1993).

7.9.4. Temperatura

El parámetro temperatura es un factor determinante a escala mundial, en el desarrollo y crecimiento de los bosques de *Rhizophora mangle* (Sherman, Fahey, y Martínez, 2003) La especie es sensible a las heladas (Walter, 1977; Jiménez, 2000).

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que afecta el desarrollo de las raíces en propágulos de *Rhizophora mangle* ya que esta especie en temperaturas superiores a 34°C o inferiores a 18°C sufre una instantánea disminución del crecimiento y lesiones de carácter más o menos grave dependiendo de la duración del estrés. La especificidad de su hábitat hace a los manglares muy sensibles a la perturbación.

7.9.5. pH

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de las plantas. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (López. 2012).

El pH afecta la disponibilidad y absorción de nutrientes en distintas formas por ejemplo: Un pH relativamente bajo favorece la liberación de iones K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} y Mn^{2+} , del suelo y aumenta la solubilidad facilitándole a la raíz a la absorción de sales de carbonatos, sulfatos y fosfatos. Por otro lado, en suelos ácidos aumenta la solubilidad de iones como el Al^{3+} , que es tóxico en altas concentraciones. El pH del medio afecta la absorción de nutrientes de varias formas.

7.9.6. Salinidad

La presencia de sales en el suelo inhibe el crecimiento de las glicófitas debido a que provocan alteraciones en el balance hídrico, relaciones iónicas, distribución de asimilados y otros procesos fisiológicos y bioquímicos (Willadino y Cámara, 2005).

Sin embargo esto no sucede con *R. mangle* debido a que esta posee glándulas y células especializadas para la exclusión de sales, limitando su ingreso hasta en un 99%, esta especie puede tolerar un máximo de 65 ups, sobrevive mejor en ambientes con alta inundación y baja salinidad (3.28 ups \pm 0.32 ups) (Febles, López, y Sampedro 2009).

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Materiales

Cinta métrica.

Malla sarán de 65% sombra.

Regadera manual.

Palas jardineras.

Balde.

Sonda multifunción kecheng (kc-300B)

Balanza gramera.

Calibrador.

Refractómetro Luz.

Tirillas de pH.

Termómetro.

Fundas de polietileno de 5x9

Cámara Digital.

Computadora.

GPS.

Libreta de apuntes.

Pendrive.

Paquete De Hojas 4a.

8.2. Metodología

8.2.1 Área de estudio.

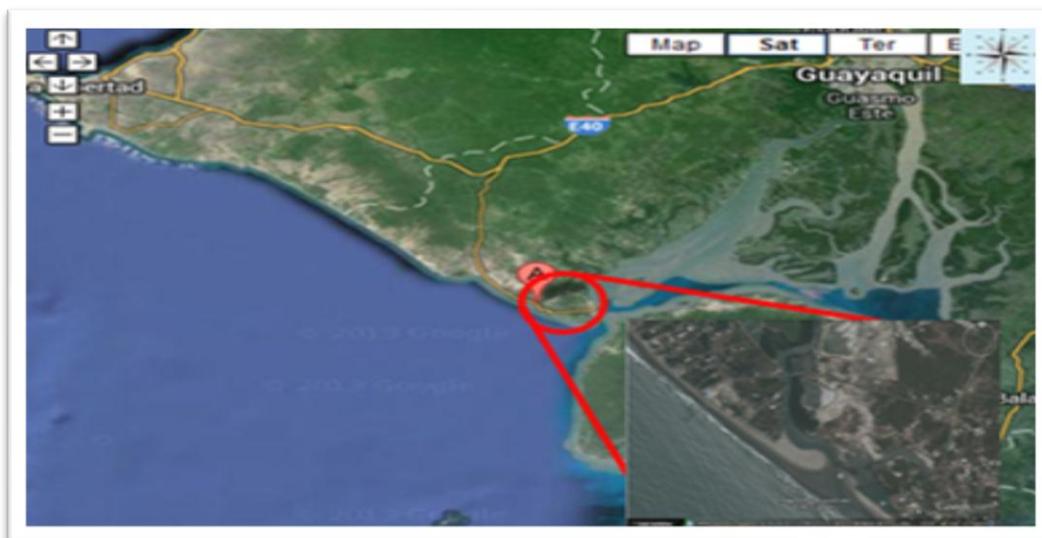


Figura 13 Vista satelital de Data de Villamil. (Fuente: Google, modificado por Romero, 2015).

La presente investigación se realizó en el recinto Data de Villamil ubicado a 14 km del Cantón Playas Provincia de Guayas, limita al Norte con el recinto Arenal al Sur con la parroquia Posorja, al Este con la parroquia El Morro y al Oeste con el Océano Pacífico.

En el recinto existe un remanente de manglar de 6 km lineales que se extiende a lo largo del estero de data de Villamil en el Cantón Playas. Posee un clima subtropical con temperatura anual promedio de 23 a 37 °C y precipitaciones inferiores a los 500 mm, Marzo es el mes más lluvioso según lo indicado por el INAMHI.

8.2.2. Metodología de campo

8.2.2.1. Construcción de vivero

Para el desarrollo de la investigación se acondicionó una construcción abandonada de cemento con las siguientes medidas: 4 m de largo por 5 m de ancho y 1,50 m de altura) cubriéndola en la parte del techo y en la entrada con malla sarán al 65% de cobertura de luz. Además, se dotó a esta infraestructura de una mesa y una silla para ubicar los equipos de monitoreo.

8.2.2.2. Colecta de Sustratos

Se seleccionaron y colectaron tres tipos de sustratos los cuales fueron analizados para conocer su textura, pH, temperatura, humedad, salinidad, luego Para la obtención del sustrato Franco arcillo arenosa, se realizó una mezcla del 70% y 30% de los sustratos arenoso y arcilloso respectivamente. Por último cada sustrato fue tamizado para eliminar cualquier amenaza biológica y ala ves materia orgánica. Finalmente se llenó el sustrato en sus respectivas fundas.

Tabla 2 Coordenadas geográficas de colecta de sustrato.

Tipo de sustrato		Coordenadas geográficas del lugar de colecta	
		Latitud	longitud
Arcilloso	79 % arcilla 21 % limo	577611	9699583
Arenoso	93,5 % arena 6,5 % limo	577132	9700093
Limoso	10 % arcilla 90 % limo	577267	9700632
Franco arcillo arenosa	24 % arcilla 65 % arena 11 % limo		

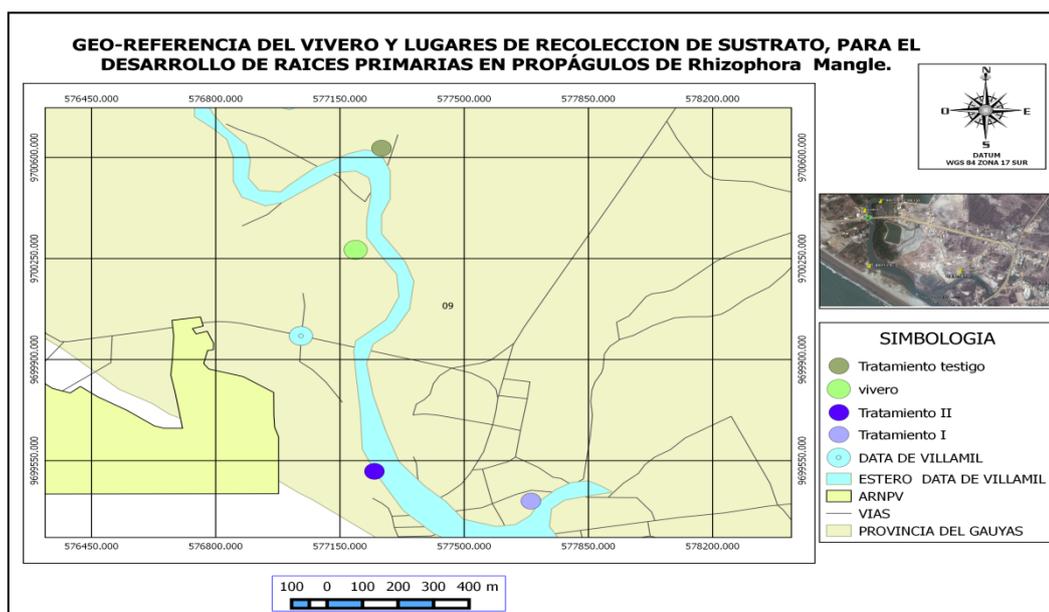


Figura 14 Geo-referencia del vivero y recolección de sustratos elaborado por Romero, (2015).

Cada sustrato fue colocado en fundas de polietileno color negro de 15 x 20 cm y humedecidos con agua del estero dos días antes de la siembra de los propágulos.

8.2.2.3. Obtención de propágulos de *Rhizophora mangle*

Los propágulos fueron colectados en el estero de Data de Villamil extrayéndolos directamente del árbol tomando en cuenta las siguientes características.

Tabla 3 Características para elegir propágulos viables.

Propágulos	Características
Color	Base: Café oscuro.
	Cuerpo: Verde brillante.
Tamaño	Propágulos grandes de 20 hasta 40 cm.
Diámetro	De 1 A 1.5 Cm de
Peso	De 18 a 32
Daños	Sin picaduras, laceraciones u orificios.
Sanidad	Libres de insectos, gusanos, hongos y cualquier tipo de enfermedad.

Luego de la colecta fueron transportados en gavetas hasta el vivero, donde se seleccionaron 400 ejemplares, para ser repartidos en 4 grupos de 100 propágulos, posteriormente fueron hidratados por 24 horas.

8.2.2.4. Siembra de propágulos de *Rhizophora mangle*

Antes de la siembra cada propágulos fue medido y pesado para posteriormente ser sembrado en los diferentes sustratos. La siembra consistió en colocar los propágulos dentro de cada funda con su respectivo sustrato, ubicando la parte apical que corresponde a la porción más delgada y de color verde hacia arriba, enterrando de 4 a 7 cm, la parte basal que corresponde a la porción más ancha y de color café (Basáñez, *et al.*, 2012).

8.2.2.5. Riego

Para el riego se utilizó por planta 150 ml de agua que contenía 31 partes de salinidad, proveniente del estero de Data de Villamil, el agua de riego fue repartida manualmente con ayuda de un vaso milimetrado, 2 veces por día.

8.2.3. Diseño experimental:

El estudio se realizó en tres diferentes tipos de sustrato a los que se denominó tratamientos I (arcilla), tratamiento II (arena), tratamiento III (franco arcillo arenosa) y testigo. Cada tratamiento contó con un total de 100 propágulos. Los tratamientos fueron colocados en forma lineal formando 25 filas y 4 columnas de

tal forma que cada propágulo se le pudo asignar un código de identificación según su ubicación.

El desarrollo de los propágulos se dio en 8 semanas ya que este es el tiempo ideal para el trasplante a campo.

8.2.3.1. Variables físicas:

Durante el tiempo que duró la investigación se realizaron monitoreos diarios de temperatura, humedad, salinidad y pH en el sustrato.

8.2.3.2. Variable biológica:

Semanalmente se seleccionaron 12 propágulos por tratamiento para monitoreo, de tal forma que nunca se repita el mismo ejemplar. El monitoreo consistió en medir el desarrollo de las raíces promediando su longitud semanal.

Los datos obtenidos fueron registrados en la tabla de registro respectiva para su posterior análisis.

8.2.4. Metodología de laboratorio

8.2.4.1. Determinación de la textura del suelo:

El sustrato seco y sin materia orgánica fue molido y tamizado con malla de 2 mm,

luego fueron pesados 100 gramos y colocados en una probeta de 500 ml la que se aforó con agua destilada para luego con ayuda de un agitador de vidrio remover fuertemente por 5 minutos, finalmente se dejó reposar por 12 horas.

Pasado el tiempo de reposo se realizó la lectura en porcentaje de los tipos de textura que contenía la muestra, para luego contrastar con el triángulo de textura para clasificación de suelos propuesto por la USDA, (ver imagen N° 4).

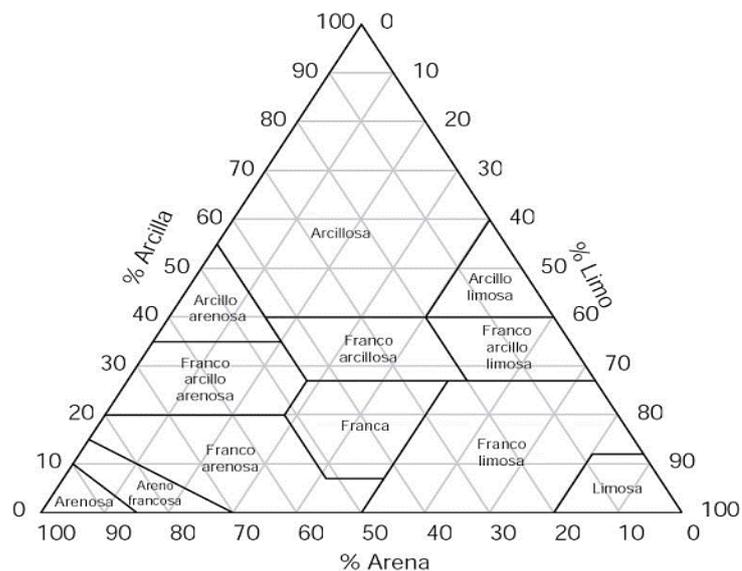


Figura 15 Triángulo de textura del sistema de clasificación de la USDA.

8.2.4.2. Determinación del pH del suelo:

El pH se determinó a través de la sonda multifunción la misma que se introdujo en el suelo cerca de las raíces a una profundidad de 15cm, para luego esperar 20 segundos hasta que estabilice su lectura en una pantalla digital LD de 4 x 2cm,

8.2.4.3. Determinación de la temperatura del suelo:

La temperatura se determinó a través de la sonda multifunción kecheng (kc-300B) la misma que se introdujo en el suelo cerca de las raíces a una profundidad de 15cm, para luego esperar 20 segundos hasta que establezca su lectura en una pantalla digital LCD de 4 x 2cm,

8.2.4.4. Determinación de la humedad del suelo:

Consistió en pesar en una balanza analítica 10 gramos del sustrato en una cubeta de aluminio, para luego colocarla a 80°C por 12 horas, después sacar la muestra y dejarla enfriar dentro de un desecador para finalmente pesar restando el peso del recipiente de aluminio, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad del suelo} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$$

8.2.4.5. Determinación de la salinidad del suelo

La salinidad se determinó secando 50gr de suelo por 24 horas, luego se disolvió en 100 ml de agua destilada, por último se dejándolo reposar por 1 hora y finalmente se realizó la lectura a través de un Salinometro.

8.2.5. Metodología estadística.

Los datos contenidos en las tablas de registro (longitud de raíces) fueron promediados y sometidos a análisis de varianza de un factor empleando para ello las opciones de análisis de Excel, con lo que se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos y el sustrato testigo con un nivel del 95% de confianza.

La relación entre los factores abióticos (pH temperatura, humedad, salinidad,) y el desarrollo de las raíces de los propágulos en *Rhizophora mangle* se analizó aplicando un test de Spearman con un $\alpha = 0,05$ es decir 95% de confianza, según la siguiente ecuación:

$$r_s = 1 - [6 \sum d_i^2 / (n^3 - n)]$$

Dónde:

d_i = diferencia entre rangos X y Y

n = cantidad de datos.

Los datos de mortalidad se fueron expresados en porcentajes dentro de su gráfico respectivo para cada tratamiento.

9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Análisis de varianza para contrastar hipótesis y determinar diferencia significativa entre los sustratos experimentales versus el sustrato testigo.

En la tabla de contingencia se presentan ordenados verticalmente según el sustrato, los promedios semanales de la longitud de raíces en propágulos de *Rhizophora mangle* y a través de un análisis de varianza se compara la relación de cada sustrato estudiado con el sustrato testigo.

Tabla 4 Evolución semanal de la longitud de raíces en propágulos en los diferentes tratamientos (sustratos) y el testigo en la fase vivero.

Tabla de contingencia Longitud de raíces en propágulos de <i>Rhizophora mangle</i>				
N	T1	T2	T3	Tg.
1	0.13	0.08	0.13	0.21
2	0.50	0.38	0.52	0.66
3	0.74	1.14	0.97	2.15
4	1.91	1.87	1.60	3.11
5	2.59	2.53	2.87	4.27
6	4.80	3.31	2.67	5.48
7	4.68	4.25	3.92	7.11
8	6.29	4.29	2.92	7.61
Suma	21.64	17.85	15.61	30.62
Promedio	2.71	2.23	1.95	3.83

Análisis de varianza para comprobación de hipótesis.

$$H_0 = T(i) = T_g$$

$$H_a = T(i) \neq T_g$$

Tabla 5 Análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento I y el testigo.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T1	8	21.640	2.70504	5.30936			
Tg.	8	30.616	3.82710	7.77500			
ANÁLISIS DE VARIANZA: Tratamiento I el Testigo.							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	5.03608	1	5.036081	0.76978	0.39509	4.60010	
Total	96.62669	15					

El valor calculado (0,769) es menor que el tabulado (4,600) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay diferencia significativa entre las variables.

Tabla 6 análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento II y el testigo.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T2	8	17.84818	2.23102	2.70476			
Tg.	8	30.61685	3.82710	7.77500			
ANÁLISIS DE VARIANZA: Tratamiento II y el Testigo							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	10.18994	1	10.18994	1.94468	0.18489	4.60010	
Total	83.54837	15					

El valor calculado (1,944) es menor que el tabulado (4,600) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay diferencia significativa entre las variables.

Tabla 7 análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre el tratamiento III y el testigo.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T3	8	15.60942	1.95117	1.79915
Tg.	8	30.61685	3.82710	7.77500

ANÁLISIS DE VARIANZA: Tratamiento III y el Testigo						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	14.07643	1	14.0764	2.94050	0.10842	4.60010
Total	81.09555	15				

El valor calculado (2,940) es menor que el tabulado (4,600) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay diferencia significativa entre las variables.

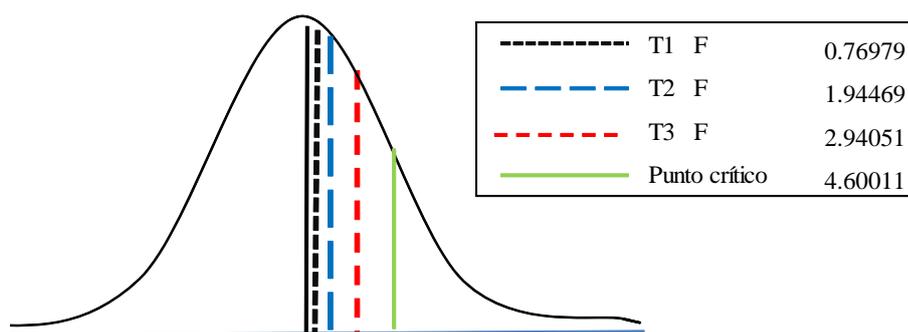


Gráfico 1 ANOVA del crecimiento de las raíces de los propágulos de *Rhizophora mangle* en cada tratamiento, fase vivero.

Los análisis de varianza entre los tratamientos y el testigo, indican un valor crítico de F superior al valor de F calculado, por lo que con un α 0,05 se acepta la hipótesis nula en el sentido de que no se muestran diferencias significativas en la variación de la longitud en las raíces de los propágulos en los diferentes sustratos de la fase vivero.

Evaluación del crecimiento promedio de raíces en propágulos de *Rhizophora mangle* en los sustratos experimentales versus el sustrato testigo.

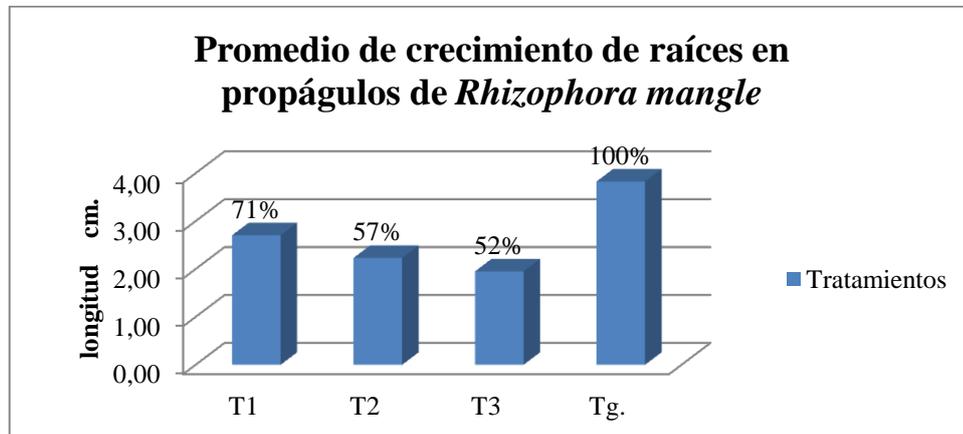


Gráfico 2 Promedio de crecimiento de las raíces de los propágulos de *Rhizophora mangle* en cada tratamiento.

El desarrollo en longitud de las raíces, expresadas en la tabla de contingencia muestra un promedio de 3.8 cm en el sustrato Tg que supera a los tratamientos experimentales. Sin embargo el promedio superior entre los tratamientos experimentales se da en el sustrato arcilloso T I 2.71cm, seguido del sustrato arenoso TII, mientras que el sustrato areno arcilloso T III presenta el promedio más bajo 1.93cm.

Análisis de test de Spearman's para determinar correlación entre la variable biótica y cada una de las variables abióticas en el tratamiento 1.

Tabla 8 Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento I, fase vivero.

pH	6.0	6.0	6.5	6.5	6.0	6.0	6.5	6.5
Temperatura	26.3	23.3	23.1	22.8	23.3	23.3	23.4	22.8
Humedad	11.8	25.3	26.4	27.8	28.4	27.5	29.8	30.3
Salinidad	2.5	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.0	5.4
Longitud de raíz	0.1	0.5	0.7	1.9	2.6	4.8	4.7	6.3

Tabla 9 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento I, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	pH	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	6.0	1.0	0.0	0.0
2	0.5	2.0	6.0	2.0	0.0	0.0
3	0.7	3.0	6.5	5.0	-2.0	4.0
4	1.9	4.0	6.5	6.0	-2.0	4.0
5	2.6	5.0	6.0	3.0	2.0	4.0
6	4.8	7.0	6.0	4.0	3.0	9.0
7	4.7	6.0	6.5	7.0	-1.0	1.0
8	6.3	8.0	6.5	8.0	0.0	0.0

$$n = 8.0$$

$$di^2 = 22.0$$

$$r_s = 1 - [6 * 22 / (8)^3 - 8]$$

$$H_0: r_s = 0$$

$$H_a: r_s \neq 0$$

valor calculado $r_s = 0.738$

valor tabulado $r_s = 0.738$

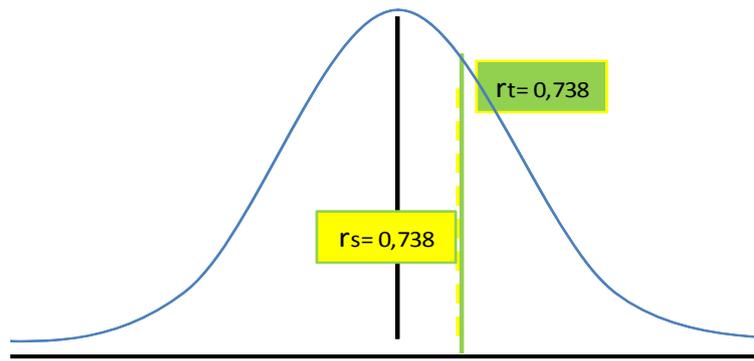


Gráfico 3 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento I

El valor calculado (0,738) es igual que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 10 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento I, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Temperatura	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	26.3	7.0	-6.0	36.0
2	0.5	2.0	23.3	4.0	-2.0	4.0
3	0.7	3.0	23.1	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	22.8	1.0	3.0	9.0
5	2.6	5.0	23.3	5.0	0.0	0.0
6	4.8	7.0	23.3	8.0	-1.0	1.0
7	4.7	6.0	23.4	6.0	0.0	0.0
8	6.3	8.0	22.8	2.0	6.0	36.0

n = 8.0

di² = 86

$$r_s = 1 - [6 * 86 / (8)^3 - 8]$$

valor calculado $r_s = -0.238$

valor tabulado $r_s = 0.738$

Ho:	$r_s = 0$
Ha:	$r_s \neq 0$

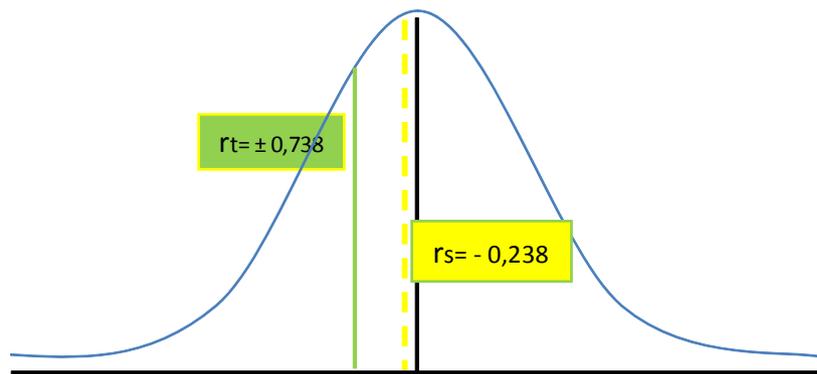


Gráfico 4 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento I, fase vivero.

El valor calculado (- 0,238) es menor que el tabulado (0,738) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay correlación entre las variables.

Tabla 11 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento I, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Humedad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	11.8	1.0	0.0	0.0
2	0.5	2.0	25.3	2.0	0.0	0.0
3	0.7	3.0	26.4	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	27.8	5.0	-1.0	1.0
5	2.6	5.0	28.4	6.0	-1.0	1.0
6	4.8	7.0	27.5	4.0	3.0	9.0
7	4.7	6.0	29.8	7.0	-1.0	1.0
8	6.3	8.0	30.3	8.0	0.0	0.0

$n = 8.0$

$di^2 = 12.0$

$r_s = 1 - [6 \cdot 12 / (8)^3 - 8]$

valor calculado $r_s = 0.857$

valor tabulado $r_s = 0.738$

Ho:	$r_s = 0$
Ha:	$r_s \neq 0$

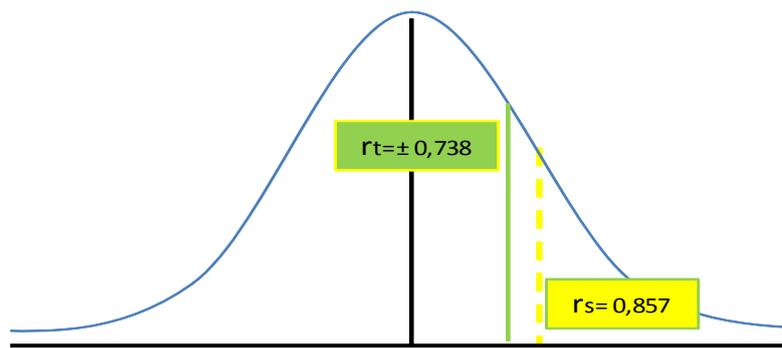


Gráfico 5 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento I, fase vivero.

El valor calculado (0,857) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 12 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento I, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Salinidad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	2.5	1.0	0.0	0.0
2	0.5	2.0	3.2	2.0	0.0	0.0
3	0.7	3.0	3.5	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	3.9	4.0	0.0	0.0
5	2.6	5.0	4.3	5.0	0.0	0.0
6	4.8	7.0	4.7	6.0	1.0	1.0
7	4.7	6.0	5.0	7.0	-1.0	1.0
8	6.3	8.0	5.4	8.0	0.0	0.0

n =	8.0	Ho:	$r_s = 0$
di ² =	2.0	Ha:	$r_s \neq 0$
	$r_s =$	$1 - [6 \cdot 2 / (8^3 - 8)]$	
valor calculado	$r_s =$	0.976	
valor tabulado	$r_s =$	0.738	

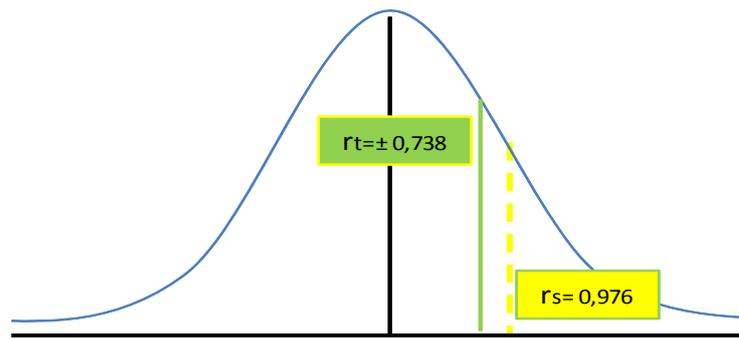


Gráfico 6 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento I, fase vivero.

El valor calculado (0,976) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Evaluación de la influencia de factores abióticos en el desarrollo de las raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle* del tratamiento1 versus el tratamiento testigo.

En el sustrato arcilloso, los factores abióticos analizados estuvieron dentro de los rangos permisibles a excepción de la humedad que influyó en el desarrollo de las raíces volviéndolas sensible a descensos en este parámetro.

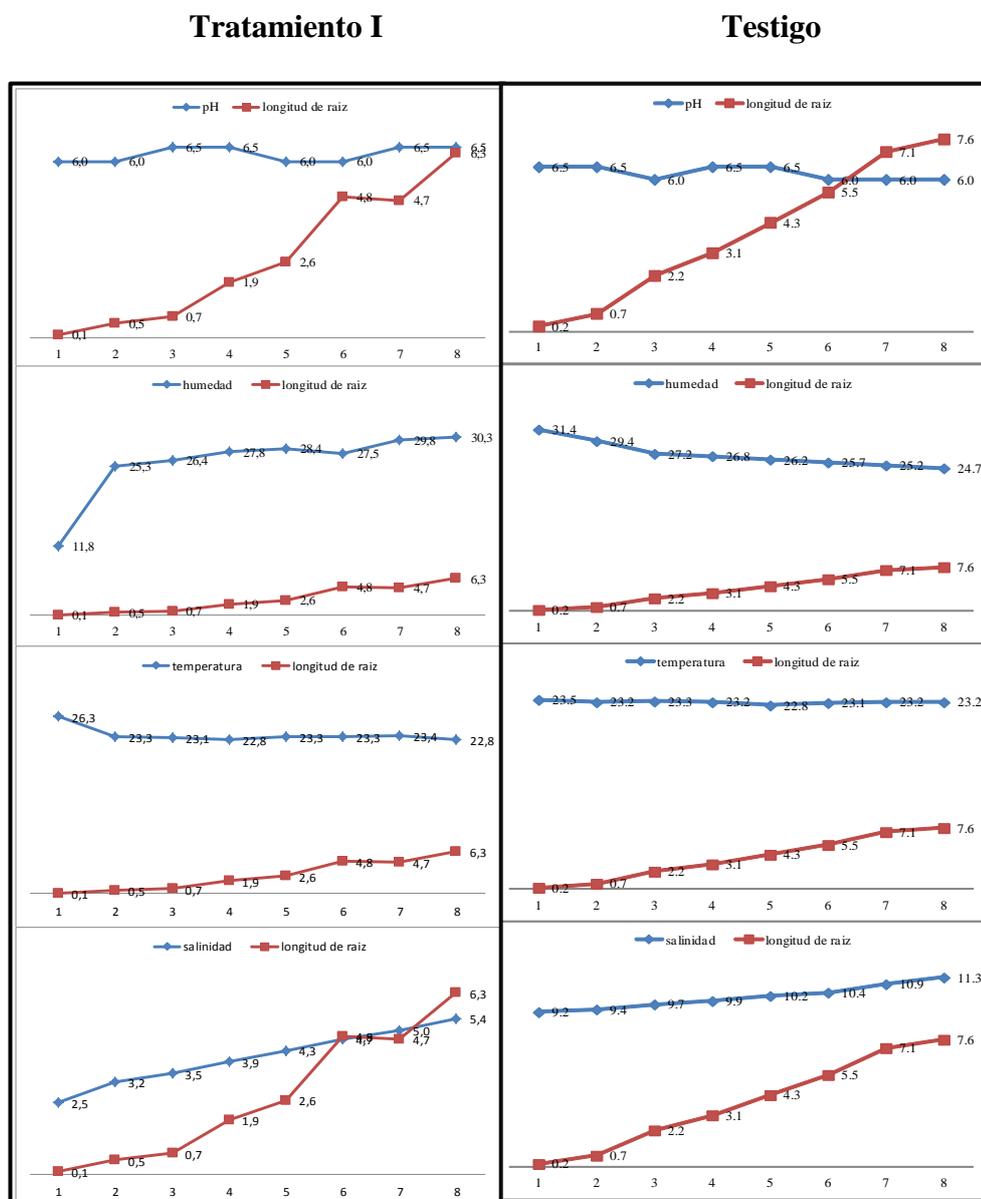


Gráfico 7 Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos T1 vs Tg.

Análisis de test de Spearman's para determinar correlación entre la variable biótica y cada una de las variables abióticas en el tratamiento II.

Tabla 13 Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento II, fase vivero.

pH	6,0	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0
Temperatura	26,4	23,4	22,7	23,2	23,2	23,4	23,0	23,2
Humedad	5,3	12,0	15,0	18,2	18,6	18,9	19,2	19,2
Salinidad	3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	5,2
Longitud de raíz	0,1	0,4	1,1	1,9	2,5	3,3	4,2	4,3

Tabla 14 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíz y pH. Tratamiento II, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	pH	Rango II	Di (Xi - Yi)	di2
1	0.1	1.0	6.0	1.0	0.0	0.0
2	0.4	2.0	6.0	2.0	0.0	0.0
3	1.1	3.0	6.0	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	6.5	8.0	-4.0	16.0
5	2.5	5.0	6.0	4.0	1.0	1.0
6	3.3	6.0	6.0	5.0	1.0	1.0
7	4.2	7.0	6.0	6.0	1.0	1.0
8	4.3	8.0	6.0	7.0	1.0	1.0

n = 8,0

di2 = 20,0

$$r_s = 1 - [6 * 20 / (8)^3 - 8]$$

valor calculado

$r_s = 0,762$

valor tabulado

$r_s = 0,738$

Ho: $r_s = 0$

Ha: $r_s \neq 0$

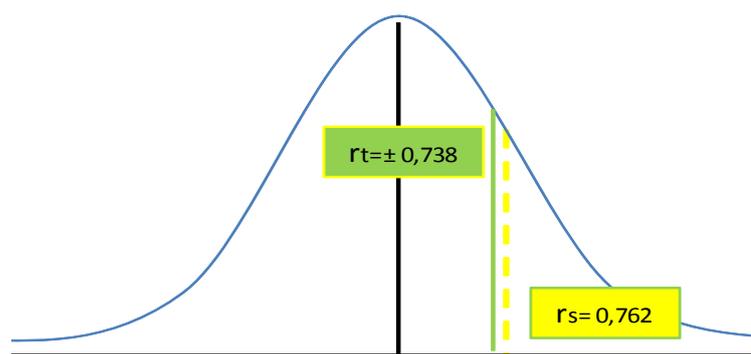


Gráfico 8 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento II, fase vivero.

El valor calculado (0,762) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 15 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: Longitud de raíz y temperatura. Tratamiento II, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Temperatura	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	26.4	8.0	-7.0	49.0
2	0.4	2.0	23.4	6.0	-4.0	16.0
3	1.1	3.0	22.7	1.0	2.0	4.0
4	1.9	4.0	23.2	4.0	0.0	0.0
5	2.5	5.0	23.2	5.0	0.0	0.0
6	3.3	6.0	23.4	7.0	-1.0	1.0
7	4.2	7.0	23.0	2.0	5.0	25.0
8	4.3	8.0	23.2	3.0	5.0	25.0

$n = 8,0$

$di^2 = 120,0$

$r_s = 1 - [6 * 120 / (8)^3 - 8]$

valor calculado	$r_s =$	-0,429
valor tabulado	$r_s =$	0,738

$H_0:$	$r_s = 0$
$H_a:$	$r_s \neq 0$

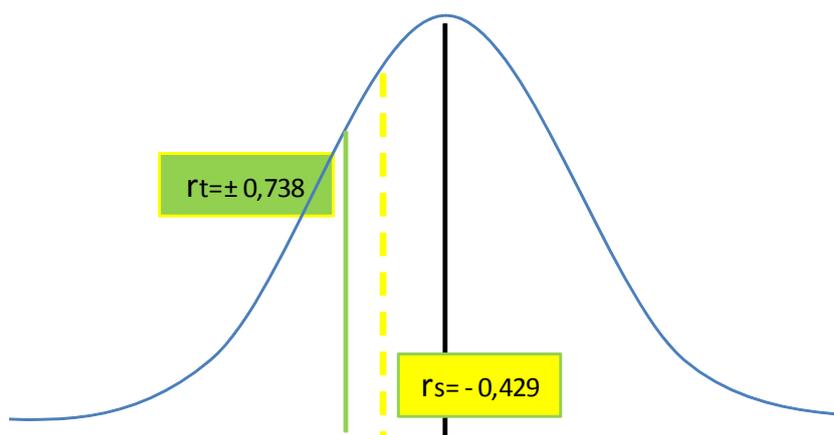


Gráfico 9 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento II, fase vivero.

El valor calculado (-0,429) es menor que el tabulado (0,738) por lo que se acepta la Ho con el 95 % de confianza y se indica que no hay correlación entre las variables.

Tabla 16 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíz y humedad. Tratamiento II, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Humedad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	5.3	1.0	0.0	0.0
2	0.4	2.0	12.0	2.0	0.0	0.0
3	1.1	3.0	15.0	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	18.2	4.0	0.0	0.0
5	2.5	5.0	18.6	5.0	0.0	0.0
6	3.3	6.0	18.9	6.0	0.0	0.0
7	4.2	7.0	19.2	7.0	0.0	0.0
8	4.3	8.0	19.2	8.0	0.0	0.0

n = 8,0

di² = 0,0

Ho:	r _s = 0
-----	--------------------

Ha:	r _s ≠ 0
-----	--------------------

$$r_s = 1 - [6 \cdot 0 / (8^3 - 8)]$$

valor calculado

r_s = 1,000

valor tabulado

r_s = 0,738

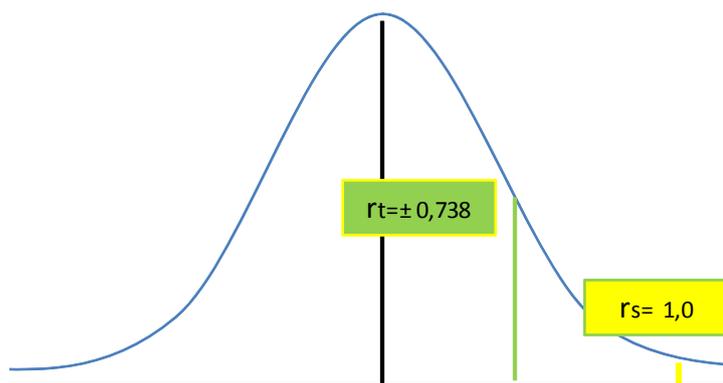


Gráfico 10 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento II, fase vivero.

El valor calculado (1,0) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que o hay correlación entre las variables.

Tabla 17 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: Longitud de raíces y Salinidad. Tratamiento II, fase vivero.

Semana	Longitud de raíz	Rango I	Salinidad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0.1	1.0	3.3	1.0	0.0	0.0
2	0.4	2.0	3.5	2.0	0.0	0.0
3	1.1	3.0	3.8	3.0	0.0	0.0
4	1.9	4.0	4.1	4.0	0.0	0.0
5	2.5	5.0	4.3	5.0	0.0	0.0
6	3.3	6.0	4.6	6.0	0.0	0.0
7	4.2	7.0	4.9	7.0	0.0	0.0
8	4.3	8.0	5.2	8.0	0.0	0.0

n = 8,0

di² = 0,0

$H_0: r_s = 0$

$H_a: r_s \neq 0$

$$r_s = 1 - [6 * 0 / (8^3 - 8)]$$

valor calculado

$r_s = 1,000$

valor tabulado

$r_s = 0,738$

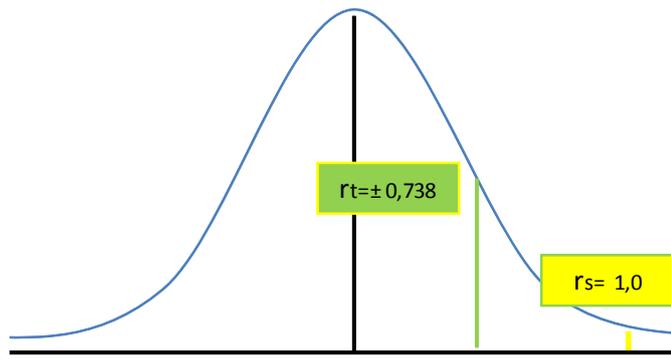


Gráfico 11 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento II, fase vivero.

El valor calculado (1,0) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Evaluación de la influencia de factores abióticos en el desarrollo de las raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle* del tratamiento II versus el tratamiento testigo.

En el sustrato arenoso, los factores abióticos analizados estuvieron dentro de los rangos permisibles y no influyeron en el desarrollo de las raíces, sin embargo se observa un menor crecimiento del propágulos al compararse con el testigo, esto probablemente debido a la poca retención de nutrientes que ofrece el sustrato.

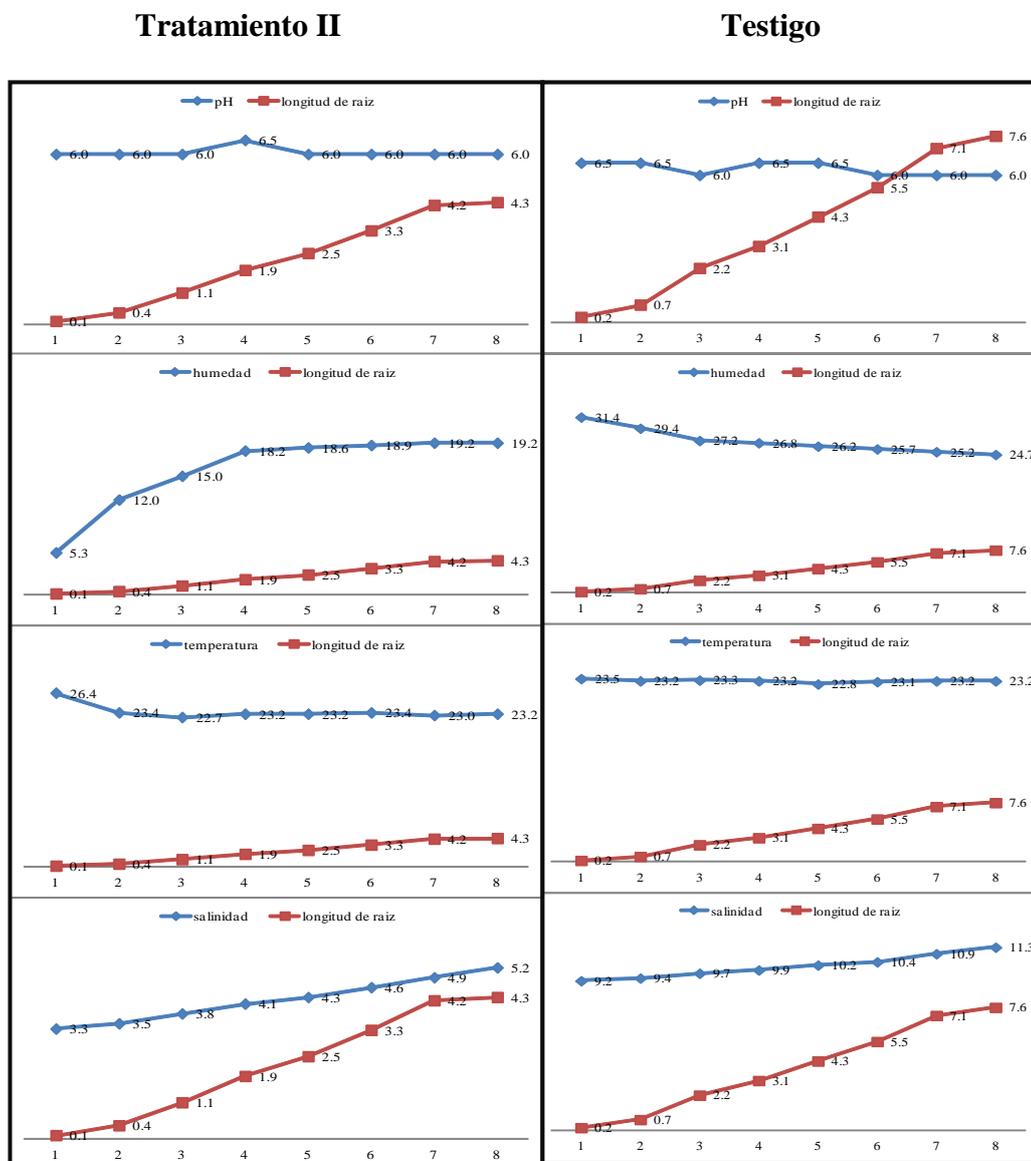


Gráfico 12 Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos T II vs Tg.

Análisis de los test de Spearman's para determinar correlación entre la variable biótica y cada una de las variables abióticas en el tratamiento III.

Tabla 18 Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Tratamiento III, fase vivero.

pH	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	5,5	6,0	6,0
Temperatura	23,0	23,2	23,2	23,2	22,8	23,2	23,2	23,2
Humedad	8,7	16,2	16,8	19,3	20,0	20,4	20,9	21,2
Salinidad	3,0	3,3	3,5	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3
Longitud de raíz	0,1	0,5	1,0	1,6	2,9	2,7	3,9	2,9

Tabla 19 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento III, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	pH	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,1	1,0	5,5	1,0	0,0	0,0
2	0,5	2,0	6,0	3,0	-1,0	1,0
3	1,0	3,0	6,0	4,0	-1,0	1,0
4	1,6	4,0	6,0	5,0	-1,0	1,0
5	2,9	6,0	6,0	6,0	0,0	0,0
6	2,7	5,0	5,5	2,0	3,0	9,0
7	3,9	7,0	6,0	7,0	0,0	0,0
8	2,9	8,0	6,0	8,0	0,0	0,0

$$n = 8,0$$

$$di^2 = 12,0$$

$$r_s = 1 - [6 * 12 / (8)^3 - 8]$$

valor calculado $r_s = 0,857$

valor tabulado $r_s = 0,738$

Ho:	$r_s = 0$
Ha:	$r_s \neq 0$

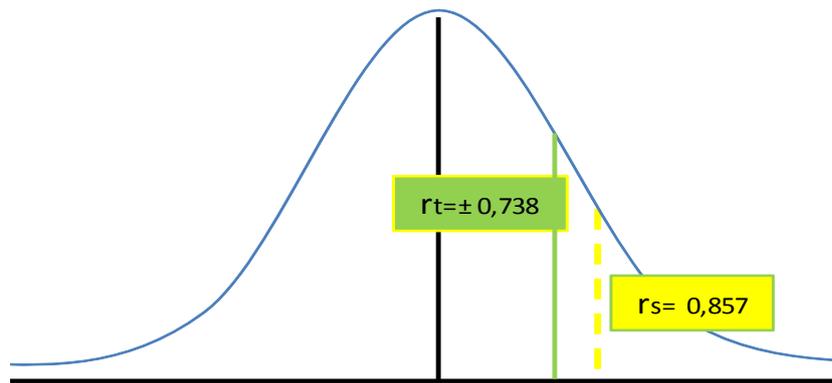


Gráfico 13 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento III, fase vivero.

El valor calculado (0,857) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 20 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento III, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	Temperatura	Rango II	$D_i (X_i - Y_i)$	d_i^2
1	0,1	1,0	23,0	2,0	-1,0	1,0
2	0,5	2,0	23,2	3,0	-1,0	1,0
3	1,0	3,0	23,2	4,0	-1,0	1,0
4	1,6	4,0	23,2	5,0	-1,0	1,0
5	2,9	6,0	22,8	1,0	5,0	25,0
6	2,7	5,0	23,2	5,0	0,0	0,0
7	3,9	7,0	23,2	7,0	0,0	0,0
8	2,9	8,0	23,2	8,0	0,0	0,0

$n = 8,0$
 $d_i^2 = 29,0$

$$r_s = 1 - [6 * 29 / (8)^3 - 8]$$

Ho:	$r_s = 0$
Ha:	$r_s \neq 0$

valor calculado
 valor tabulado

$r_s = 0,655$
 $r_s = 0,738$

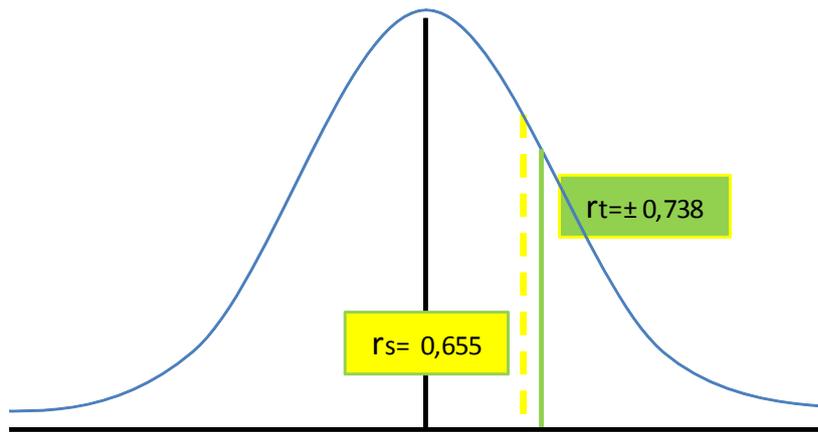


Gráfico 14 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Tratamiento III, fase vivero.

El valor calculado (0,655) es menor que el tabulado (0,738) por lo que se acepta la Ho con el 95 % de confianza y se indica que no hay correlación entre las variables.

Tabla 21 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento III, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	Humedad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,1	1,0	8,7	1,0	0,0	0,0
2	0,5	2,0	16,2	2,0	0,0	0,0
3	1,0	3,0	16,8	3,0	0,0	0,0
4	1,6	4,0	19,3	4,0	0,0	0,0
5	2,9	6,0	20,0	5,0	1,0	1,0
6	2,7	5,0	20,4	6,0	-1,0	1,0
7	3,9	7,0	20,9	7,0	0,0	0,0
8	2,9	8,0	21,2	8,0	0,0	0,0

n = 8,0

di² = 2,0

Ho: r_s = 0

Ha: r_s ≠ 0

$$r_s = 1 - [6 * 2 / (8^3 - 8)]$$

valor calculado r_s = 0,976

valor tabulado r_s = 0,738

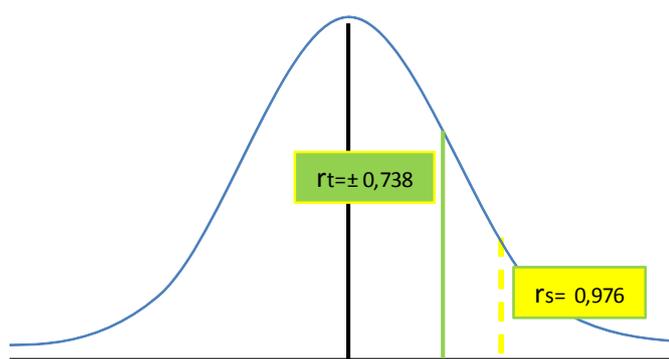


Gráfico 15 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Tratamiento III, fase vivero.

El valor calculado (0,976) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 22 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento III, fase vivero.

Seman a	Longitud de raíces	Rango I	salinidad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,1	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0
2	0,5	2,0	3,3	2,0	0,0	0,0
3	1,0	3,0	3,5	3,0	0,0	0,0
4	1,6	4,0	3,9	4,0	0,0	0,0
5	2,9	6,0	4,2	5,0	1,0	1,0
6	2,7	5,0	4,6	6,0	-1,0	1,0
7	3,9	7,0	4,9	7,0	0,0	0,0
8	2,9	8,0	5,3	8,0	0,0	0,0

$n = 8,0$

$di^2 = 2,0$

$r_s = 1 - [6 * 2 / (8)^3 - 8]$

valor calculado

$r_s = 0,976$

valor tabulado

$r_s = 0,738$

$H_0: r_s = 0$

$H_a: r_s \neq 0$

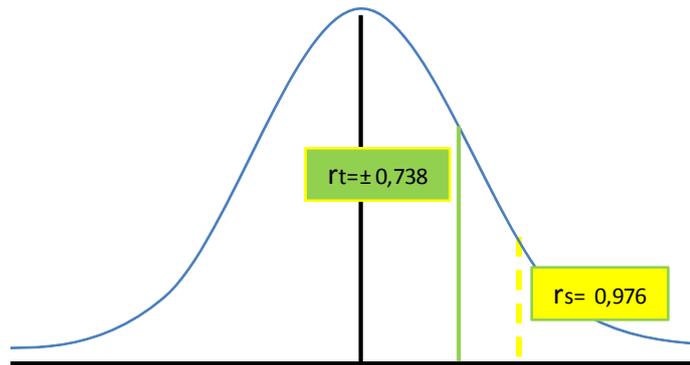


Gráfico 16 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Tratamiento III, fase vivero.

El valor calculado (0,976) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Evaluación de la influencia de factores abióticos en el desarrollo de las raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle* del tratamiento III versus el tratamiento testigo.

En el sustrato areno-arcillosos, los factores abióticos analizados estuvieron dentro de los rangos permisibles a excepción del pH que influyó en el desarrollo de las raíces volviéndolas sensible a descensos en este parámetro; por lo cual si se controlara este factor se podría obtener crecimientos iguales a los obtenidos en el sustrato testigo.

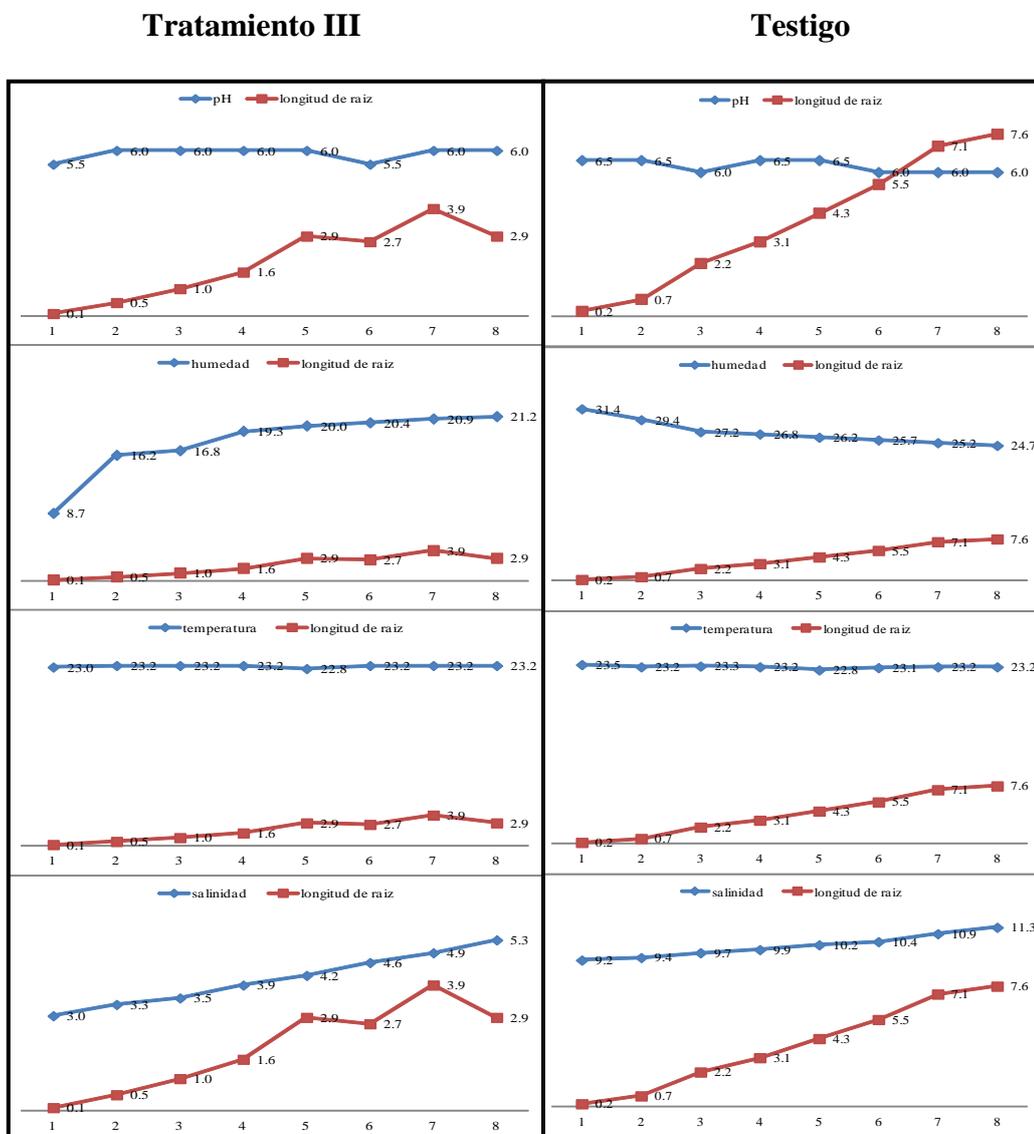


Gráfico 17 Influencia de los factores abióticos sobre el crecimiento de los propágulos en el TIII vs Tg.

Análisis de los tests de Spearman's para determinar correlación entre la variable biótica y cada una de las variables abióticas en el tratamiento testigo.

Tabla 23 Variación de variables independientes y dependientes medidas durante la investigación: Testigo, fase vivero.

pH	6,5	6,5	6,0	6,5	6,5	6,0	6,0	6,0
Temperatura	23,5	23,2	23,3	23,2	22,8	23,1	23,2	23,2
Humedad	31,4	29,4	27,2	26,8	26,2	25,7	25,2	24,7
Salinidad	9,2	9,4	9,7	9,9	10,2	10,4	10,9	11,3
Longitud De Raíces	0,2	0,7	2,2	3,1	4,3	5,5	7,1	7,6

Tabla 24 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Testigo, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	pH	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,2	1,0	6,5	5,0	-4,0	16,0
2	0,7	2,0	6,5	6,0	-4,0	16,0
3	2,2	3,0	6,0	1,0	2,0	4,0
4	3,1	4,0	6,5	7,0	-3,0	9,0
5	4,3	5,0	6,5	8,0	-3,0	9,0
6	5,5	6,0	6,0	2,0	4,0	16,0
7	7,1	7,0	6,0	3,0	4,0	16,0
8	7,6	8,0	6,0	4,0	4,0	16,0

n = 8,0

di² = 102,0

$$r_s = 1 - [6 * 102 / (8)^3 - 8]$$

valor calculado

r_s = -0,214

valor tabulado

r_s = 0,738

Ho: r_s = 0

Ha: r_s ≠ 0

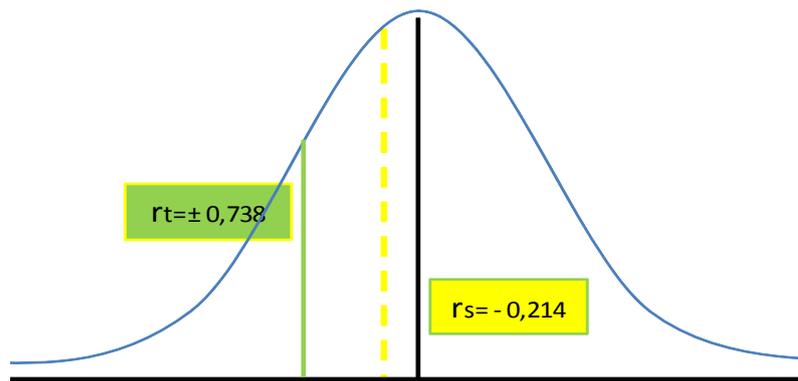


Gráfico 18 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y pH. Tratamiento III, fase vivero.

El valor calculado (-0,214) es menor que el tabulado (0,738) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay correlación entre las variables.

Tabla 25 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Testigo, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	Temperatura	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,2	1,0	23,5	8,0	-7,0	49,0
2	0,7	2,0	23,2	3,0	-1,0	1,0
3	2,2	3,0	23,3	7,0	-4,0	16,0
4	3,1	4,0	23,2	4,0	0,0	0,0
5	4,3	5,0	22,8	1,0	4,0	16,0
6	5,5	6,0	23,1	2,0	4,0	16,0
7	7,1	7,0	23,2	5,0	2,0	4,0
8	7,6	8,0	23,2	6,0	2,0	4,0

$n = 8,0$

$di^2 = 106,0$

$r_s = 1 - [6 * 106 / (8)^3 - 8]$

Ho:	$r_s = 0$
Ha:	$r_s \neq 0$

valor calculado	$r_s =$	-0,262
valor tabulado	$r_s =$	0,738

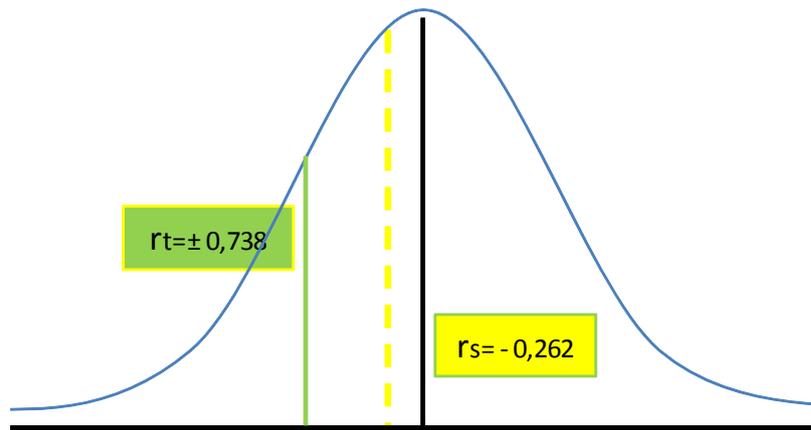


Gráfico 19 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y temperatura. Testigo, fase vivero.

El valor calculado (-0,262) es menor que el tabulado (0,738) por lo que se acepta la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que no hay correlación entre las variables.

Tabla 26 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Testigo, fase vivero.

Semana	Longitud de raíces	Rango I	Humedad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,2	1,0	31,4	8,0	-7,0	49,0
2	0,7	2,0	29,4	7,0	-5,0	25,0
3	2,2	3,0	27,2	6,0	-3,0	9,0
4	3,1	4,0	26,8	5,0	-1,0	1,0
5	4,3	5,0	26,2	4,0	1,0	1,0
6	5,5	6,0	25,7	3,0	3,0	9,0
7	7,1	7,0	25,2	2,0	5,0	25,0
8	7,6	8,0	24,7	1,0	7,0	49,0

$n = 8,0$

$di^2 = 168,0$

$$r_s = 1 - [6 * 168 / (8^3 - 8)]$$

valor calculado $r_s = -1,000$

valor tabulado $r_s = 0,738$

$H_0: r_s = 0$

$H_a: r_s \neq 0$

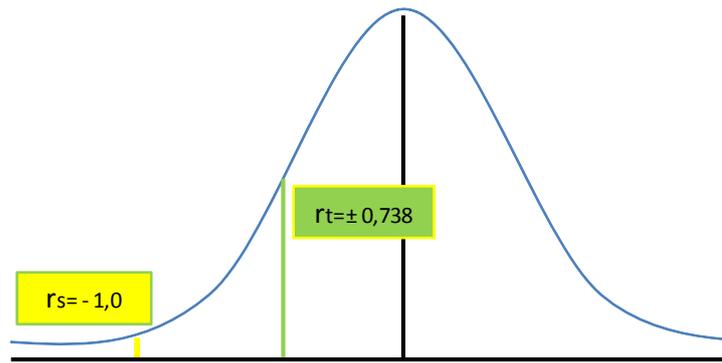


Gráfico 18 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y humedad. Testigo, fase vivero.

El valor calculado (-1,0) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 27 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Testigo, fase vivero.

Seman a	Longitud de raíces	Rango I	Salinidad	Rango II	Di (Xi - Yi)	di ²
1	0,2	1,0	9,2	1,0	0,0	0,0
2	0,7	2,0	9,4	2,0	0,0	0,0
3	2,2	3,0	9,7	3,0	0,0	0,0
4	3,1	4,0	9,9	4,0	0,0	0,0
5	4,3	5,0	10,2	5,0	0,0	0,0
6	5,5	6,0	10,4	6,0	0,0	0,0
7	7,1	7,0	10,9	7,0	0,0	0,0
8	7,6	8,0	11,3	8,0	0,0	0,0

$n = 8,0$

$di^2 = 0,0$

$r_s = 1 - [6 * 0 / (8)^3 - 8]$

valor calculado $r_s = 1,000$

valor tabulado $r_s = 0,738$

$H_0: r_s = 0$

$H_a: r_s \neq 0$

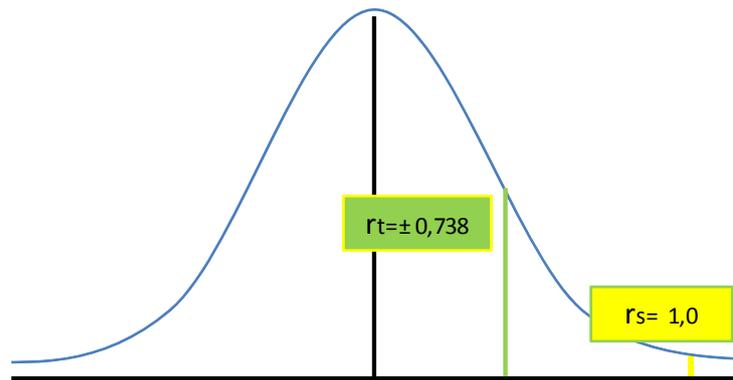


Gráfico 21 Test de Spearman's para establecer correlación entre las variables: longitud de raíces y salinidad. Testigo, fase vivero.

El valor calculado (1,0) es mayor que el tabulado (0,738) por lo que se rechaza la H_0 con el 95 % de confianza y se indica que hay correlación entre las variables.

Tabla 28 Mortalidad semanal registrada para cada tratamiento en la fase vivero.

	Mortalidad en semanas								Total	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8		
T 1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	2.0	7.0	7%
T 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	3.0	7.0	7%
T 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	4.0	9.0	9%
TESTIGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	3.0	3%

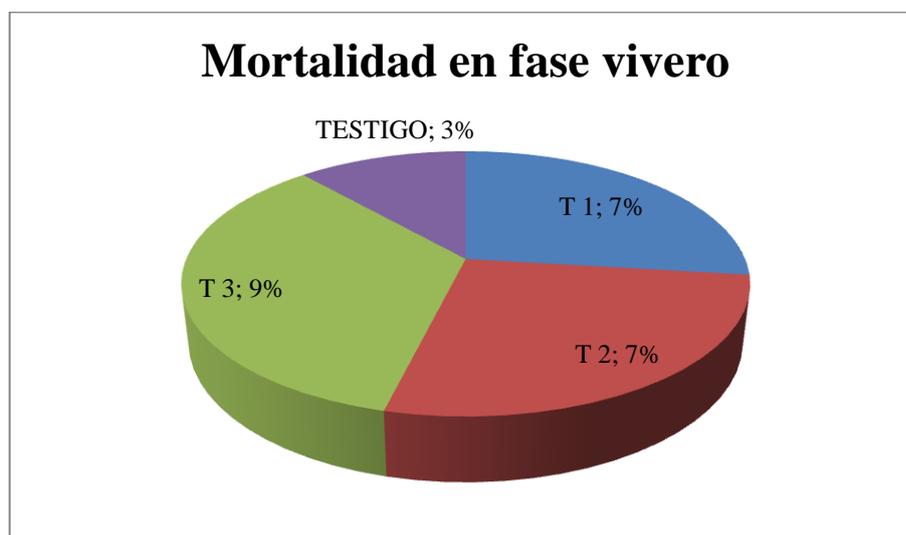


Gráfico 19 Tasa de mortalidad registrada en cada tratamiento de la fase vivero.

La tasa de mortalidad en la fase vivero alcanzó el 9% en el tratamiento 3, en el testigo se observó tres bajas.

10. CONCLUSIONES

Durante la fase de vivero, los tipos de sustrato no influyeron significativamente en el desarrollo de las raíces primarias de *Rhizophora mangle*, lo que nos indica que el proceso de arraigo temprano de esta especie no está sujeto a la estructura particulada del suelo.

Los factores abiótico, humedad, salinidad, temperatura, tuvieron influencia positiva en el desarrollo de las raíces primarias de *Rhizophora mangle*, mientras que el pH influyó en el desarrollo de las raíces volviéndolas sensibles a descensos de este parámetro

En lo referente a la mortalidad, los tratamientos I y II mostraron ser una alternativa viable para sembrar propágulos de *Rhizophora mangle*.

11. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten hacer las siguientes sugerencias para futuras investigaciones relacionadas con influencia de parámetros abióticos vs crecimiento en plantas:

- Estimar los rangos permisibles de parámetros abióticos que permitan un adecuado crecimiento de las raíces de propágulos mediante cultivo en ambientes controlados.
- Continuar con la evaluación de influencias en las raíces en fase campo y en los diferentes sustratos.
- Analizar los requerimientos nutritivos necesarios para el buen desarrollo de los propágulos, así como la capacidad de retención de estos nutrientes en los diferentes sustratos.
- Establecer la mortandad promedio que sufren los propágulos una vez establecidos en su ambiente natural para identificar los tiempos de mayor sensibilidad.

12. BIBLIOGRAFÍA

Basáñez, M.A, Méndez, Serrano. S (2012). efecto de tres sustratos en el desarrollo de raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle*. Segundo congreso mexicano de ecosistemas de manglar.

Bodero A. 2005. El Bosque de Manglar de Ecuador. Grupo Majagual. Ecuador.

Banus, M. D., & Kolehmainen, S. E. (1974). *Floating, rooting, and growth of red mangrove (Rhizophora mangle, L.) seedlings: effect on expansion of mangroves in south-western Puerto Rico* (No. CONF-741035--1). Puerto Rico Nuclear Center, Mayaguez). Recuperado de. *Rhizophora mangle L.* Mangle colorado Rhizophoraceae Familia de los mangles. *General technical report IITF, 15*, 450.) Jiménez, J. A. (2000)

Capote-Fuentes R. T. y R. R. R. Lewis 2004: Resiliencia y restauración de los manglares del Golfo de México y El Caribe. II Simposio Internacional de Restauración de Ecosistemas. Santa Clara, Cuba, Septiembre 18-21, 2004.

Chapman, V. J. (1976). Mangrove vegetation. *Vaduz.: J. Cramer, 581*. Recuperado de *Rhizophora mangle L.* Mangle colorado Rhizophoraceae Familia de los mangles. *General technical report IITF, 15*, 450.) Jiménez, J. A. (2000).

Cristian Tovilla Hernández, D. Edith Orihuela Belmonte Supervivencia de *Rhizophora mangle L.* en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México Madera y Bosques, vol. 8, núm. Es1, 2002, pp. 89-102, Instituto de Ecología, A.C. México.

DE 824-A. *Declárase de interés público la conservación, protección y reposición de los bosques de manglar existentes en el país, en consecuencia se prohíbe su explotación y tala.* RO 208 del 17 de junio de 1985.

Diana M. Ferro Díaz (2010). Estrategias recomendadas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el estuario de bahía de san Juan, Puerto Rico. Tesis Universidad Metropolitana Escuela Graduada De Asuntos Ambientales San Juan, Puerto Rico. 9 de diciembre del 2010.

Dinesh, R., Chaudhuri, S. G., Ganeshamurthy, A. N., & Pramanik, S. C. (2004). Biochemical properties of soils of undisturbed and disturbed mangrove forests of South Andaman (India). *Wetlands Ecology and Management*, 12(5), 309-320.

DL 03. *Ley Reformatoria de la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero*, RO 252 del 19 de agosto de 1985.

Febles-Patrón, J., López, J., y Sampedro, E. (2007). Efectos de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de los propágulos en *Rhizophora mangle L.* (Spanish). Madera Bosques, 13(2),

15-27. Recuperado de Academic Search Complet database.

Febles-Patrón, J. L., Novelo López, J., & Batllori Sampedro, E. (2009). Pruebas de reforestación de mangle en una ciénaga costera semiárida de Yucatán, México. *Madera y bosques*, 15(3), 65-86.

Field, 1996; Menéndez *et al.*, 2000; Menéndez, 2001, 2002; Capote-Fuentes y Lewis, 2004). Restoration of Mangrove Ecosystems. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan. 250 pp.

Fernández M, F.; Rivera E, RA; Hernández J, A.; Herrera P, RA; Fernández S, K. 2005. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y diferentes relaciones suelo: humus de lombriz sobre el crecimiento del cafeto (*Coffea arabica* L.) CV. catuaí bajo la etapa de vivero. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 11, 175-184 pág. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Flores-Verdugo, F., Agraz-Hernández, C., & Benítez-Pardo, D. (2006). Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos. *Capítulo de libro. Gobierno Municipal de Jalapa, Veracruz-Instituto de Ecología AC Jalapa, Veracruz.*

Gill, A.M.; Tomlinson, P.B. 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the shoot. *Biotropica*. 3(2): 109-124.

- Juncosa, Adrián M. 1982. Juncosa, Adrián M. 1982. Developmental morphology of the embryo and seedling of *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae). American Journal of Botany. 69(10): 1599-1611. Recuperado de *Rhizophora mangle* L. Mangle colorado Rhizophoraceae Familia de los mangles. *General technical report IITF, 15*, 450.) Jiménez, J. A. (2000).
- Kirui, B. Y., Kairo, J. G., Skov, M. W., Mencuccini, M., & Huxham, M. (2012). Effects of species richness, identity and environmental variables on growth in planted mangroves in Kenya. *Marine Ecology Progress Series, 465*, 1-10.
- Sánchez-P.ález, H., G. A. Ulloa-Delgado y R. Álvarez-León. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Asociación Colombiana de Reforestadores y OIMT. Bogotá, Colombia, 294 p.
- Lugo, Ariel E.; Snedaker, Samuel C. 1974. The ecology of mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics. 5: 39-64.
- López, D., L, 2012 Producción de raíces finas y micorrización en café (coffea arabica l) cultivado bajo sistema convencional y orgánico en turrialba, costa rica. Tesis Universidad Nacional De Agricultura.

Mangrove Action Project (MAP). 2008. Climate Change. Comunicado de Prensa. file:///C:/Documents%20and%20Settings/Ebriones/Mis%20documentos/Proyectos/MCCU/climate-change.htm.

Menéndez, L. (J.º. Proy.) (2000): Bases Ecológicas para la Restauración de Manglares en Áreas Seleccionadas del Archipiélago Cubano y su relación con los Cambios Climáticos Globales (Código 01302123). Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano.

Menéndez, L. (J.º. Proy.) (2001): Informe de Salud de Manglares de las provincias Camagüey y Ciego de Ávila. Instituto de Ecología y Sistemática (IES). Proyecto Sabana-Camagüey.

Menéndez, L. (J.º. Proy.) (2002): Informe de Salud de Manglares de río Máximo, Parque Nacional Caguanes y las provincias Matanzas y Villa Clara. Instituto de Ecología y Sistemática (IES). Proyecto Sabana-Camagüey.

Rabinowitz, Deborah. (1978). Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica*, 47-57.

Ronald, R. M., (2015). Restauración Ecológica de los manglares en la Costa del Ecuador, Maestría en Ecología Módulo de Restauración Ecológica, Universidad San Francisco De Quito.

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., de León, J. P., & Hill, M. (2004). Propiedades

físicas del suelo. *Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay.*

Sánchez-Páez *et al.* (1997). Orozco, A., & Sánchez, M. E. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. Secretaría de Educación Pública.

Sherman, R. E., Fahey, T. J., & Martinez, P. (2003). Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. *Ecosystems*, 6(4), 384-398.

Tomlinson, P.B.; Primack, R.B.; Bunt, J.S. 1979. Preliminary observations of floral biology in mangrove Rhizophoraceae. *Biotropica*. 11(4): 256-277.

Topp G. C. 1993. Soil water content. In: soil sampling and methods of analysis. Martin R. Carter Editor. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Pp. 541-557.

Volke -Sepúlveda, T., Velasco-Trejo, J.A., de la Rosa Pérez, D.A., 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. Pp 19-31.

Wanderley, M. das G.L.; Menezes, N.L. 1973. Floral anatomy of *Rhizophora mangle*. Boletín de Botánica 1. Instituto de Biociencias, Universidad de Sao Paulo: p. 1- 10. Recuperado de. *Rhizophora mangle* L. Mangle colorado Rhizophoraceae Familia de los mangles. *General technical report IITF*, 15, 450.) Jiménez, J. A. (2000).

Willadino L, Cámara T (2005) Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. En Custodio R, Araújo E, Gómez L y Cavalcante U (Eds.) Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas. MXM Gráfica e editora. Recife, Brasil. pp. 127-137

ANEXOS.

Colecta de sustrato. Tamizado, mezcla para obtención del sustrato tratamiento III y
Llenado del sustratos.



Foto 1 Colecta de sustrato.



Foto 2 Tamizado de sustrato.



Foto 3 Determinación de textura en los diferentes sustratos, en laboratorio de química de la UPSE.



Foto 4 Determinación de humedad en los diferentes sustratos, en laboratorio de química de la UPSE



Foto 5 Selección de propágulos



Foto 6 Llenado de fundas con los diferentes sustratos.



Foto 7 Siembra de propágulos de Rhizophora mangle



Foto 8 Tratamientos preparados para la investigación.



Foto 9 Toma de temperatura en los tratamientos.



Foto 10 Lectura del pH en los tratamientos y testigo.

Desarrollo de raíces en propágulos de *Rhizophora mangle*. En la primera semana.



Foto 11 Medición de raíces primarias en propágulos de *Rhizophora mangle*, en la primera semana.



Foto 12 Medición de raíces primarias en propágulos de *Rhizophora* en la cuarta semana de investigación.



Foto 13 Medición de raíces primarias en propágulos de **Rhizophora mangle**, al término de la investigación