



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
CAMPUS TUXPAN

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

“RESPUESTA FISIOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN
ESTOMÁTICA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN EL
ESTERO DE TUMILCO, TUXPAN, VERACRUZ.”

Tesis

**Que para obtener el título de:
MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y
COSTEROS**

PRESENTA:

Arianna Rubí González Sánchez.

Director:

Dr. Pablo Elorza Martínez.

Asesores:

Dr. Julio César González Cárdenas.

Dra. Maritza López Herrera.

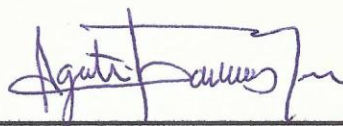
TUXPAN, VERACRUZ

2013

La presente Tesis titulada “RESPUESTA FISIOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN EL ESTERO DE TUMILCO, TUXPAN, VERACRUZ.”, realizada por la C. Ingeniero Agrónomo Arianna Rubí González Sánchez ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la solicitud de fecha de examen para obtener el grado de:

MAESTRO EN ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA:



M.A. AGUSTÍN DE JESÚS BASÁÑEZ MUÑOZ

LECTOR



M. C. JOSÉ MANUEL MARURI GARCÍA

LECTOR



M. C. SAW-RAH'EE VELÁZQUEZ JIMÉNEZ

LECTOR

Tuxpan de Rodríguez Cano Veracruz, a 22 de Octubre 2013.

M.A. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz

Coordinador de la Maestría

Tuxpan de Rodríguez Cano Veracruz, a 22 de Octubre de 2013

La presente Tesis titulada “**RESPUESTA FISIOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN EL ESTERO DE TUMILCO, TUXPAN, VERACRUZ.**”, realizada por la C. Ingeniero Agrónomo Arianna Rubí González Sánchez, bajo la dirección del consejo particular del Doctor Pablo Elorza Martínez y bajo la asesoría del Doctor Julio César González Cárdenas y la Doctora Maritza López Herrera ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la solicitud de fecha de examen para obtener el grado de:

MAESTRO EN ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



DOCTOR PABLO ELORZA MARTÍNEZ
DIRECTOR



DOCTOR JULIO CÉSAR GONZÁLEZ CÁRDENAS
ASESOR



DOCTORA MARITZA LÓPEZ HERRERA
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

A mí Máxima Casa de Estudios, la Universidad Veracruzana que una vez más me permite formarme y crecer profesionalmente bajo su respaldo y prestigio académico.

Al DOCTOR Pablo Elorza Martínez Director de esta tesis, gracias por su amistad incondicional y su apoyo para lograr que una idea se concrete con este trabajo.

A la DOCTORA Maritza López Herrera, Asesora de Tesis, por su amistad y sus aportaciones precisas a este trabajo.

A la DOCTOR Julio César González Cárdenas, Asesor de Tesis, por sus aportaciones a este trabajo.

A la COMISIÓN LECTORA integrada por el M. A. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz, M. C. José Manuel Maruri García y Saw-rah'ee Velázquez Jiménez quienes con su vasta experiencia y acertadas observaciones orientaron la mejora de este trabajo.

Al DOCTOR Arturo Serrano, Director de la Facultad, por su amistad, apoyo y las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A la DOCTORA María Rosario Álvarez profesora titular del departamento de biología vegetal y ecología. Edificio Verde. Facultad de biología, Universidad de Sevilla, España. Por su apoyo incondicional y asesoría durante mi estadía de maestría en su laboratorio.

Al DOCTOR Juan Manuel Pech Canché, a la MAESTRA Blanca E. Raya Cruz por su apoyo profesional en las aportaciones de información para la realización de este documento y los comentarios que lo enriquecieron.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento.

A mis compañeros y maestros de posgrado, por su complicidad, amistad y apoyo en esta etapa de mi formación profesional.

DEDICATORIA

Principalmente este trabajo está dedicado a Dios ya que él guio mi camino hacia este gran proyecto que aporto conocimientos, experiencias, vivencias pero sobre todo importantes lecciones de vida que serán trascendentales en mi futuro.

A mis padres Julián González Pérez y Francisca Sánchez Domínguez que son el motivo por el cual vivo, son los pilares en mi vida, son la fuerza y el motor que impulsa mis sueños y a la vez son ese freno irreversible que me detiene cuando me precipito a actuar sin pensar, son los sabios serenos que me llevan a retomar el buen camino en momentos de desesperación, son la calidez que me hace falta cuando me siento perdida o sola, son titanes al momento de levantarme cuando caigo por distraerme en cosas sin sentido, son mi refugio cuando me siento temerosa, son lo más grande que Dios pudo concederme al momento de nacer. Siento que no puedo encontrar las palabras suficientes y correctas para expresar el agradecimiento que siento a esas extraordinarias personas.

A mis hermanos Julián, Leticia y Perla quienes son cómplices, maestros y motores para desarrollarme en la vida.

A mis sobrinos quienes son la alegría de mi vida y unos verdaderos maestros de vida, los amo.

A mis amigos Alma Delia Pérez Berman, Elfego Cuevas Domínguez, Pablo Elorza Martínez que se convirtieron en parte de mi familia al estar a mi lado apoyándome y orientándome a externar lo mejor de mí para realizarme productivamente en todos los aspectos de la vida.

A Leonardo David Santiago Fernández, Bernardo Antonio Barbosa Romo, Bruno Torres Ruíz quienes me apoyaron en labores de campo o gabinete durante algún momento en el que se realizó este estudio.

A mis amigos Claudia Sánchez Villegas, Eliza Sánchez Villegas, Asaf Castro Jarillo de quienes siempre he recibido apoyo y entusiasmo en todos los aspectos de mi vida y para finalizar este proyecto.

Y a todos aquellos que en su intento por hacerme desistir me impulsaron aún más para finalizar este trabajo y seguir adelante con nuevos retos.

Índice general

Agradecimientos	i
Dedicatoria	ii
Índice general	iii
Índice de cuadros	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vi
I. Introducción	1
II. Antecedentes	5
III. objetivos	10
3.1. Objetivo general	10
3.2. Objetivos particulares	10
IV. Material y Métodos	11
4.1. Descripción del área de estudio	11
4.1.1. Localización	11
4.1.2. Tipo de suelo	12
4.1.3. Clima, temperatura y precipitación	13
4.2. Material vegetal	15
4.3. Equipo y material	15
4.4. Trabajo de campo	16
4.5. Caracterización estomática	17
4.6. Evaluaciones físico-químicas	19

4.6.1. Evaluación de parámetros físico-químicos del suelo	20
4.6.2. Evaluación de parámetros físico-químicos del agua	21
4.7. Cuantificación de clorofila	23
4.8. Análisis estadístico	25
V. Resultados	27
5.1. Caracterización estomática	27
5.2. Índice y densidad estomática	30
5.2.1. Temporada de lluvia	30
5.2.2. Temporada de sequía	33
5.2.3. Comparación de resultados	36
5.3. Parámetros físico-químicos del suelo y agua	41
5.4. Cuantificación de clorofila	48
VI. Discusión	52
VII. Conclusión	61
VIII. Aplicación práctica	65
IX. Bibliografía	65

Índice de cuadros

Cuadro 1. Modelo estadístico determinado para cada objetivo particular	34
Cuadro 2. Ubicación de estomas y células epidérmicas de la especie de <i>Rhizophora mangle</i>	39
Cuadro 3. Caracterización estomática en temporada de lluvias de las especies <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>	40
Cuadro 4. Caracterización estomática en temporada de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>.	43
Cuadro 5. Valor de p de los resultados del Estadístico de Prueba (ANOVA) por Estación y Piezómetro	51
Cuadro 6. Valor de p de los resultados del Estadístico de Prueba (ANOVA) de clorofila por Estación y Piezómetro	59
Cuadro 7. Valores de p de la Prueba de Tukey por Piezómetro	60
Cuadro 8. Resultados de Anova con respecto a Clorofila- Parámetros físico químicos.	61

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio	12
Figura 2. Suelo del Municipio de Tuxpan y cercanos al área de estudio	13
Figura 3. Clima, temperatura, precipitación y recorrido del viento de Tuxpan y cercanos al área de estudio	14
Figura 4. Distribución de cuadrantes y piezómetros	16
Figura 5. Microscopio óptico	19
Figura 6. Medidor multiparametros HI-9829	20
Figura 7. Disposición de los piezómetros en el cuadrante de 70 x 30 m.	23
Figura 8. Medidor de clorofila (SPAD 502)	23
Figura 9. Epidermis abaxial de <i>Rhizophora mangle</i>	27
Figura 10. Epidermis adaxial y abaxial de <i>Laguncularia racemosa</i>	28
Figura 11. Epidermis abaxial de <i>Avicennia germinans</i>	29
Figura 12. Índice estomático en temporada de lluvias de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	32
Figura 13. Densidad estomática en temporada de lluvias de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	33
Figura 14. Índice estomático en temporada de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	35

Figura 15. Densidad estomática en temporada de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	36
Figura 16. Índice estomático en temporada lluvias y de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	37
Figura 17. Densidad estomática en temporada lluvias y de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	38
Figura 18. Densidad estomática en temporada lluvias y de sequía de las especies <i>Rhizophora mangle</i> (R.m.) y <i>Laguncularia racemosa</i> (L.r.)	40
Figura 19. Índice estomático en temporada lluvias y de sequía de las especies	41
Figura 20. Relación de temperatura de suelo y agua entre temporadas	43
Figura 21. Relación de solidos disueltos totales de suelo y agua entre temporadas	45
Figura 22. Relación de Salinidad (ups) de suelo y agua entre temporadas	46
Figura 23. Relación de Potencial de Hidrogeno de suelo y agua entre temporadas	48
Figura 24. Contenido de clorofila por estación	49

RESUMEN

“RESPUESTA FISIOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN EL ESTERO DE TUMILCO, TUXPAN, VERACRUZ.”

ARIANNA RUBÍ GONZÁLEZ SÁNCHEZ

México es uno de los países que están considerados como megadiversos, uno de los niveles de expresión que se consideran para determinar la biodiversidad de un país son los ecosistemas, dentro de estos podemos encontrar los manglares. El objetivo del proyecto fue evaluar las respuestas fisiológicas y realizar una caracterización estomática de tres especies de mangle a las condiciones físico-químicas del agua y suelo del estero de Tumilco, se establecieron 10 cuadrantes donde se recolectaron los datos. Para realizar la caracterización estomática se recolectó material vegetal de las 3 especies considerando el DAP, la toma de los parámetros físico-químicos se ubicaron cuatro piezómetros en cada cuadrante, para la toma de muestras de clorofila, se buscaron 5 plantas adultas de cada especie por cuadrante. Los resultados obtenidos para las hojas de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* se clasificaron como Hipoestomáticas, *Laguncularia racemosa* se clasificó como Anfiestomáticas se observó que presentan estomas tipo parasítico para *Rhizophora mangle*, anomicítico para *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* presentaron células excretoras en la parte abaxial. La relación de la densidad estomática especies-temporadas tiene una diferencia de sequía con respecto a lluvias, la relación del índice estomático por especies y por temporadas climáticas tiene muy poca diferencia, sin embargo es visible un ligero aumento de este indicador lluvias con respecto a sequía. Con respecto a los niveles de temperatura se mantuvieron en un rango de 28 a 25°C, TDS de 16 a 40 g/l., salinidad de 16 a 41 ups y finalmente un pH de 6.4 a 8.6. Los niveles de Clorofila con respecto a estaciones del año fue a la alza de invierno a verano, registrando una disminución tenue para primavera, existiendo diferencias significativas entre las tres especies de mangle por las cuatro estaciones y por piezómetros.

Palabras clave: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, Clorofila, Físico-químicos, Densidad estomática, Índice estomática.

I. INTRODUCCIÓN

México es un país en extremo diverso y complejo. Lo es en la forma, ubicación y topografía de su territorio, sus ecosistemas, diversidad biológica, su historia y sus cultura, se encuentra en una latitud intertropical, es una región de transición entre las zonas biogeográficas neártica y neotropical. (CONABIO, 2006)

Nuestro país es privilegiado por su biodiversidad, la cual se refiere en general a la variabilidad de la vida; incluye ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de los que forman parte, así como la diversidad de especies y dentro de cada una de ellas.

El concepto de megadiversidad se aplica solo a un número muy pequeño de países: aquellos que contienen un porcentaje extraordinario de la biodiversidad del planeta. De todos los países en el mundo, sólo 111 se encuentran situados parcial o totalmente en los trópicos; aproximadamente una docena de estos países cuentan con una gran parte; entre 60 y 70%, de la diversidad biológica del planeta y de ellos, México es uno de los más importantes (Mittermeier y Goettsch de Mittermeier, 1992).

La biodiversidad abarca tres niveles de expresión de variabilidad biológica: ecosistemas, especies y genes. Dentro de la gran diversidad de ecosistemas

podemos encontrar humedales costeros como los manglares que constituyen una parte importante de nuestra riqueza natural a lo largo de la línea de costa de ambos litorales del territorio nacional. Estos están clasificados como uno de los ecosistemas más productivos del planeta (Costanza *et al.*, 1997)

Los manglares son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies conocidas como mangle, los cuales son árboles halófitos facultativos y crecen prolíficamente a lo largo de las costas sedimentarias bajas situadas en áreas deltaicas donde predomina sustrato limo-arcilloso más que arena. Asimismo, la cobertura de los bosques de manglar es más extensa en áreas costeras asociadas a grandes descargas de los ríos que proporcionan nutrientes y crean ambientes de baja salinidad (Cintrón-Molero and Schaeffer-Novelli, 1992; Kjerfve *et al.*, 1999)

Los manglares son bosques que se encuentran en los límites del continente y las aguas oceánicas. En ellos habitan una gran variedad de flora y fauna silvestre. Son fuente de alimento (peces, crustáceos y otros), recursos forestales (madera para leña, postes y carbón), de recursos no maderables (taninos y miel), así mismo funcionan como biorremediadores de la contaminación marina (Foroughbakhch, *et al.*, 2004). Además tienen una alta importancia en la productividad primaria y secundaria de las aguas costeras (INE, 2005).

Con respecto al manglar, FAO (2007) estima que a nivel mundial existe una cobertura de más de 17 millones de hectáreas. Los manglares en América Latina están bien desarrollados a lo largo de las costas ecuatoriales, están influidos por la intensa actividad dentro de la zona de convergencia intertropical (Yáñez–Arancibia y Lara–Domínguez, 1999). En México, la CONABIO, (2007), establece una extensión estimada de 665,667 hectáreas para todo el territorio nacional.

En el mundo se conocen 54 especies de mangle, distribuidas en 20 géneros y pertenecientes a 16 familias (Tomlinson, 1986). Sin embargo en México se han reportado siete especies de mangle con mayor extensión *Rhizophora mangle* (Mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (Mangle blanco), *Avicennia germinans* (Mangle negro, Madre de sal), *Conocarpus erectus* (Mangle botoncillo), y en menos proporción *Conocarpus erectus variedad sericeus* (Miranda, 1958; Tomlinson, 1986; INECOL, 1990), *Avicennia bicolor* (Jiménez, 1994) y *Rhizophora harrisoni*. (Rico, 1981). Es común encontrarlas asociadas, en un proceso sucesorio dependiendo del nivel de las mareas que las inundan o los bañan, pero estableciendo dominancia de una especie o de una asociación predominante de dos o tres especies dependiendo del lugar en donde se hayan asentado. (CONABIO, 2008). Las especies antes mencionadas están sujetas a protección especial, porque son amenazadas por factores que inciden negativamente en su estabilidad, lo que determinaría la necesidad de propiciar su recuperación y conservación.

El valor de este trabajo radica principalmente en el mantenimiento idóneo de los ecosistemas de manglar, ya que como se mencionó son considerados de alta productividad y están amenazados, por lo que, se considera vital conocer el comportamiento fisiológico de las especies que los conforman a través de un indicador tan importante como lo es la clorofila. La determinación del contenido de esta en las hojas es usada para detectar o estudiar mutaciones, en situaciones de estrés abiótico y biótico, y el estado nutricional de las plantas (Kruhlg *et al.*, 1994); Otro parámetro considerado en este trabajo es la caracterización estomática debido a que los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y de ahí la importancia de conocer tanto el número como la forma de estos (Sánchez- Díaz y Aguirreolea, 1996); por último, los aspectos físico químicos del suelo y el agua presentes en estos ecosistemas fueron muestreados, dado que la ubicación, composición, estructura, productividad y funcionamiento de los manglares depende la combinación de factores físicos, químicos y biológicos (Moreno-Casasola *et al.*, 2002; Twilley, 1995; Thom, 1967).

II. ANTECEDENTES

El estudio de los ecosistemas de manglar son de suma importancia dado su valor biológico, paisajístico, ecológico, turístico y económico, estos ecosistemas se clasifican entre los más productivos del mundo (Lacerda *et al.*, 2001) por los que en México las especies que los conforman están sujetas a protección bajo la *NOM-059-SEMARNAT-2010* que cubre a las cuatro especies de mangle bajo la categoría de Protección que se ubican en el país (SEMARNAT, 2010) y la *NOM-022-SEMARNAT-2003* que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. (SEMARNAT, 2003)

La mayoría de los trabajos realizados en México han sido florístico- ecológicos, con descripciones fisionómicas de la vegetación, estructura, densidad y productividad presente en los manglares, algunos trabajos que podemos mencionar van desde la distribución de los manglares en México en forma muy general de la estructura como los de Sánchez (1963); Lugo y Snedaker (1974); Citrón y Schaffer-Novelli (1985); Correlación de características ecológicas de dos bosques de manglar Vazquez-Yañez (1971); Exámenes florísticos-ecológico de la vegetación de los manglares Lot *et al.*, (1975); Menéndez (1976); Zola Báez (1980); Tomlinson (1986), Sin embargo a pesar de que varios autores mencionan que la ubicación, composición, estructura, productividad y funcionamiento de este

ecosistema depende la combinación de factores físicos, químicos y biológicos (Moreno-Casasola *et al.*, 2002; Thom, 1967), no hay estudios que se enfoquen en conocer la relación que existe entre parámetros fisiológicos de las especies de mangle y factores abióticos.

En el Sitio Ramsar 1602 se han realizado diversos análisis relacionados a las especies de mangle, entre los que destacan los de Basáñez *et al.* (2006), donde realizaron una caracterización de la estructura y uso del manglar Cerro de Tumilco; Lara-Domínguez *et al.* (2009), quienes hicieron una Caracterización del sitio de manglar Tuxpan para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Basáñez *et al.* (2008), estudiaron la estructura y producción de *Conocarpus erectus L.* en el Sitio Ramsar 1602; López *et al.* (2012), evaluación la estacionalidad de las variables físico-químicas del agua de la Laguna de Tampamachoco; Cruz-Francisco (2012), quien estudió a *Rhizophora mangle L.* como especie sombrilla y razón biológica para la protección y restauración de la laguna de Tampamachoco; Cruz-Lucas (2012), estudio la topografía y los factores ambientales relacionados a las comunidades vegetales del humedal de Tumilco.

El conocimiento del funcionamiento de los estomas y la caracterización estomática de las especies de mangle es de gran importancia ya que desempeñan un papel clave en la supervivencia de todas plantas debido a que por medio de estos poros se lleva a cabo el intercambio gaseoso con el medio, es decir la adquisición de dióxido de carbono y el intercambio de oxígeno que son fundamentales para que

se desarrollen los procesos de fotosíntesis y respiración de estas, como es el caso de Salisbury (1928), quien menciona que el índice estomático es uno de los métodos más utilizados para obtener valores constantes, característicos para definir una especie; Salisbury y Ross (1994), por otra parte nos dice que el balance hídrico de la planta depende en gran medida del mecanismo de apertura y cierre estomático, influenciado por la humedad del aire, que afecta la conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis; (Mc Dermitt, 1990), Menciona que la conductancia estomática foliar es un mecanismo importante a través del cual las plantas limitan la pérdida de agua, siendo frecuentemente utilizado como indicador de déficit hídrico; Rodríguez-Rodríguez et al., (2011) Evaluó la respuesta de la conductancia estomática de mangle que habitan en condiciones de contrastes de salinidad en el Caribe insular Colombiano encontrando que no existen diferencia significativa entre las tres especies estudiadas en cuanto a densidad estomática, así mismo reporta que la salinidad tienen una influencia en la modificación de tales características en estos individuos en particular, sin embargo dicha influencia es baja.

Conocer la fisiología de las plantas también es muy importante, y un parámetro fisiológico de mayor relevancia, dado a su papel fundamental en el proceso de la asimilación de carbohidratos, es la clorofila Este indicador es básico para la subsistencia de todo organismo vegetal, ya que mediante él, se valora entre otras cosas, los procesos fotosintéticos y su estado fisiológico, hacerlo utilizando un métodos no destructivos es primordial, sobre todo en especies de mangle que son

de gran importancia y están sujetas a protección, estos métodos no destructivos han sido utilizado en varios estudios como los realizados en plantas por Krause y Weis (1991); Strasser *et al.* (2000), quienes mediante un medidor portátil de clorofila para el monitoreo de los procesos fotosintéticos y para la evaluación fisiológica de la planta, permitiendo la valoración de la tolerancia de la vegetación a condiciones medioambientales específicas; Vásquez (2012), quien valuó el efecto del derrame de hidrocarburos sobre *Avicennia germinans* en el estado de Veracruz; Curtis y Barnes (2003), mencionan que la reducción del contenido de clorofila conlleva a una menor capacidad de captación de la luz por lo tanto la disminución del proceso de la fotosíntesis, sin el cual las plantas son incapaces de sobrevivir al no obtener los carbohidratos producto de dicho proceso; entre otros.

De igual manera, tener el conocimiento de las características físico químicas del suelo y agua presentes los ecosistemas de manglar es de vital importancia ya que se reconoce que éstos son sistemas frágiles y sensibles, especialmente a presiones antropogénicos como la deforestación, cambio de uso del suelo y contaminación tal y como lo mencionaron Rani, *et al.* (2010).

A pesar de la importancia de los manglares no existen muchas investigaciones sobre la fisiología de estas plantas, sin embargo podemos mencionar a Carmona-Díaz, *et al.* (2004), quienes propusieron un plan de manejo para manglares de Veracruz y que en términos generales puede ser aplicado a cualquier otro sitio, dicho plan considera tres ámbitos fundamentales como son: investigación

(interacción entre elementos bióticos y abióticos, su estructura y dinámica, así como el aprovechamiento tradicional de recursos y ecoturismo); educación (diseño y aplicación de programas de educación ambiental, entre otros) y conservación (especies indicadoras y procesos biológicos); CONABIO (2009), Propuso un programa de monitoreo de los manglares de México que consiste en generar un programa de monitoreo sistematizado a largo plazo de los manglares de México, a través de indicadores ambientales, para determinar las condiciones de la vegetación y los principales agentes que provocan su transformación.; Además CONABIO (2008), se dio a la tarea de estudiar los ecosistemas de manglar principalmente a través de indicadores ambientales, para determinar las condiciones de la vegetación y los principales agentes que provocan su transformación.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las respuestas fisiológicas de tres especies de mangle a las condiciones físico-químicas del agua y suelo del estero de Túmilco.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

Caracterizar estomáticamente tres especies de mangle en dos temporadas climáticas.

Evaluar densidad e índice estomático de tres especies de mangle en dos temporadas climáticas.

Comparar de los aspectos físicos y químicos (pH, salinidad, temperatura) del suelo y agua del estero.

Valorar el contenido de Clorofila en tres especies de mangle.

IV. Materiales y Métodos

4.1. Descripción del área de estudio

4.1.1. Localización

La ubicación del sitio donde se llevó a cabo el trabajo fue en un bosque de mangle entre las coordenadas: N 20° 55.707' y W 97°20.262' el cual colinda con la comunidad de Tumulco al este, al norte con predios portuarios, al sur y oeste con propiedades privadas ganaderas, perteneciente al municipio de Tuxpan, Veracruz., como se muestra en la figura 1.

El sitio de muestreo se encuentra en el interior del sitio Ramsar 1602 “Manglares y humedales de Tuxpan” dentro del cual se determinó la presencia de las especies de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Conocarpus erectus var. sericeus* (Basáñez, 2006), de las anteriores únicamente las tres primeras se posicionan en el manglar del Ejido Cerro de Tumulco, Veracruz, México.

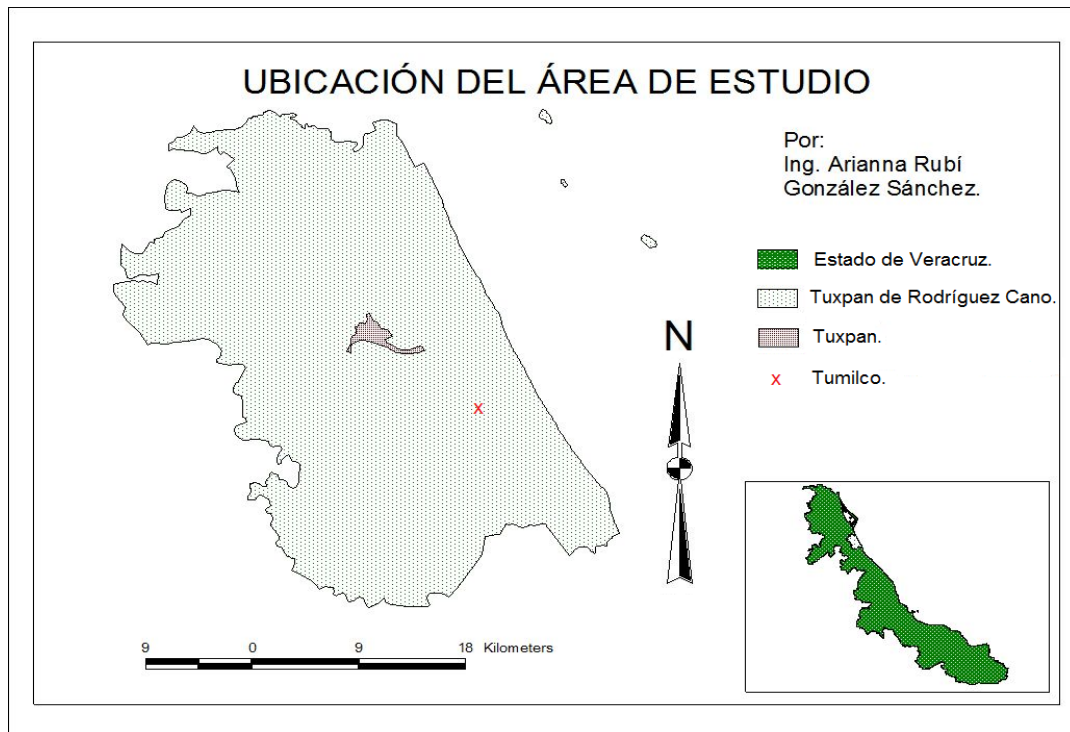


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

4.1.2. TIPO DE SUELO

México es un país megadiverso lo cual se ve reflejado en la variación de suelos que tenemos tanto en el Municipio de Tuxpan, como en el área donde se ubican nuestros cuadrantes a analizar, por ejemplo los Vertisoles, Feozem y Regosoles (INEGI, 2001), los cuales están entre los grupos principales de suelo según la FAO. Este tipo de suelos tiene altas concentraciones de arcilla y por lo regular encontramos pastizales, popal-tulares, agricultura de humedad y vegetación halófila así como algunos bosques de mangle.

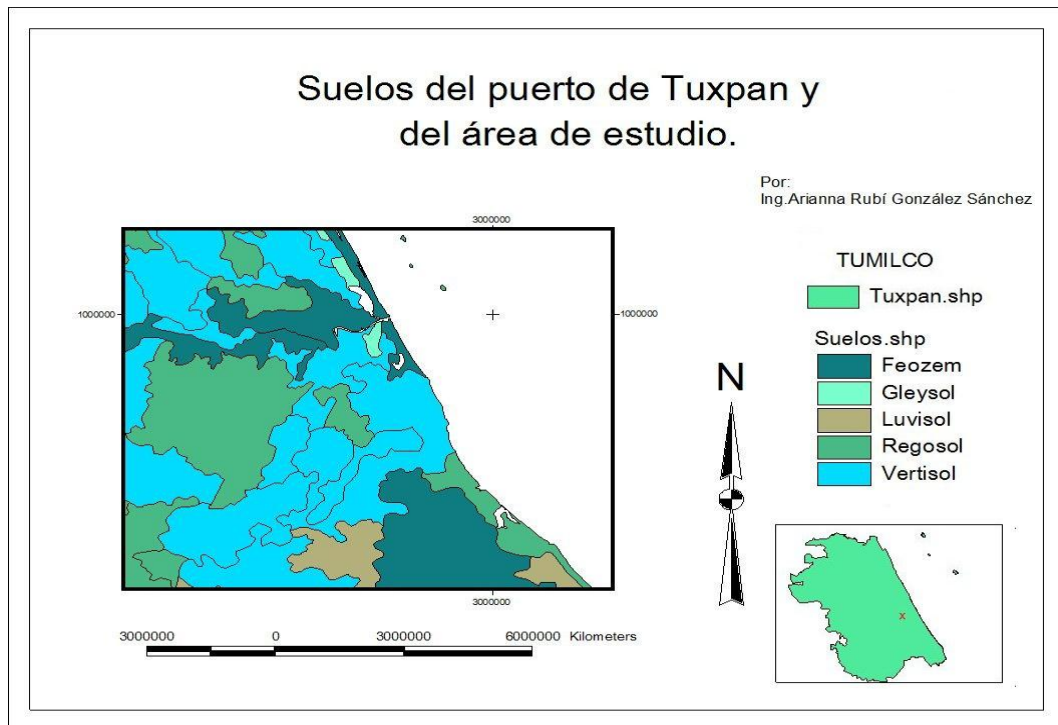


Figura 2. Suelos del Municipio de Tuxpan y cercanos al área de estudio.

4.1.3. CLIMA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

El sistema descrito está situado en el clima cálido subhúmedo (Aw_2) como se muestra en la figura 3, con una temperatura media anual de 24.9°C , siendo el mes más frío. Enero con 19.9°C promedio y junio el más caluroso con un promedio de 28.3°C . La precipitación total anual es de $1,341.7\text{ mm}$, presentando la estación seca de Noviembre a Mayo y la lluviosa de Junio a Octubre. El mes más seco es enero con 33 mm y el más lluvioso Julio con 175.7 mm . El volumen de agua que puede almacenar la laguna y los humedales circundantes permiten regular y mantener más constantes los niveles freáticos de los que dependen las

comunidades de manglar. Los vientos predominantes son del norte, conocidos como “Nortes”, presentes de Octubre a Febrero. Estos vientos pueden alcanzar los 80 km/h. De junio a septiembre se pueden presentar tormentas tropicales o huracanes, con rachas de más de 120 km/h. A su vez, en los meses de marzo a junio se presentan vientos del sur, conocidos como “Suradas”; estos son vientos secos y calientes que disminuyen la humedad atmosférica (Botello y Calva, 1998).

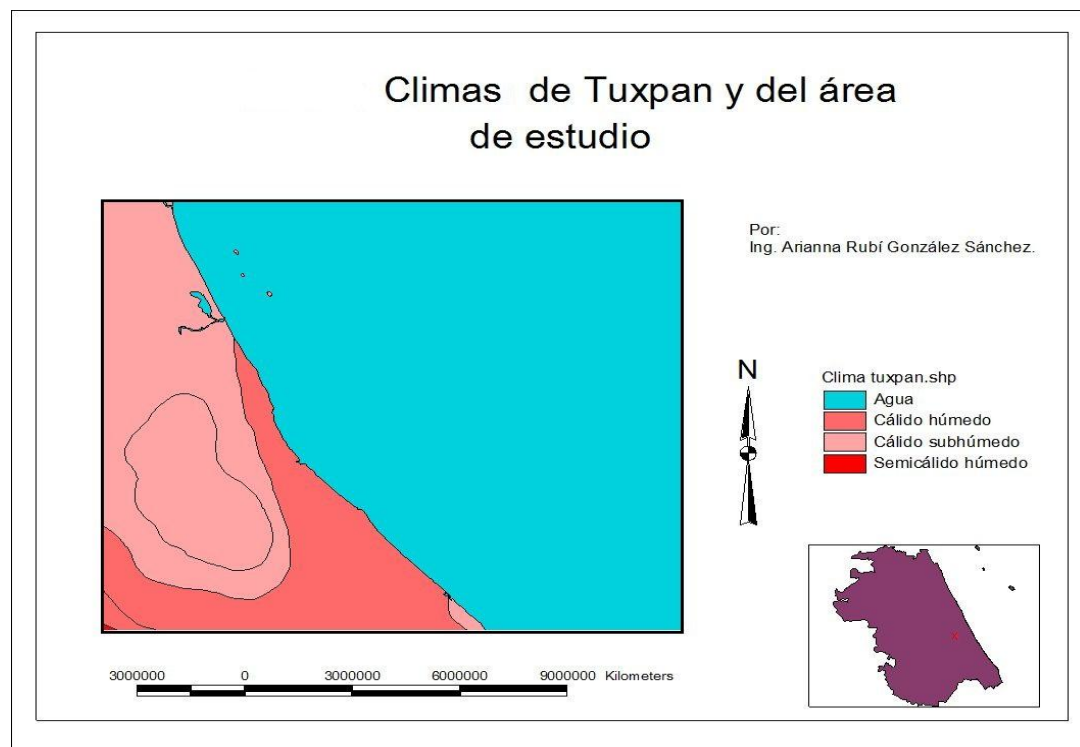


Figura 3. Clima, temperatura, precipitación y recorrido de los vientos del Municipio de Tuxpan y cercanos al área de estudio.

4.2. MATERIAL VEGETAL.

Las especies que se evaluaron son las presentes en el estero de Túmilco, estas son *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Basáñez et al., 2006)

4.3. EQUIPO Y MATERIAL

- ✓ Bolsas de plástico de 25x35
- ✓ Etiquetas blancas chicas y grandes.
- ✓ Cinta masking tape delgada
- ✓ Navaja o exacto
- ✓ Lápiz
- ✓ Marcador negro delgado
- ✓ Cubre objetos
- ✓ Porta objetos
- ✓ Navaja de disección
- ✓ Pinzas
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Barniz de uñas transparente
- ✓ Cianoacrilato
- ✓ Resina dental
- ✓ Agua destilada
- ✓ Alcohol
- ✓ Microscopio óptico
- ✓ GPS
- ✓ Multiparámetro
- ✓ Cámara psicométrica
- ✓ Spad 502
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Medidor de área foliar
- ✓ Toallas de papel

4.4. TRABAJO DE CAMPO

Se realizó una prospección en la zona de estudio para elegir las áreas en donde se llevó a cabo la investigación teniendo como criterios la estructura y accesibilidad al área de estudio, para lo cual se optó por un muestreo sistemático, siguiendo la carretera de terracería que brinda acceso a la comunidad de Túmilco de este a oeste.

Se establecieron diez cuadrantes a lo largo de la terracería que lleva a la comunidad de Túmilco, cada cuadrante tiene una superficie de 70 X 30 m abarcando un total de 21,000 m² a lo largo de la terracería.

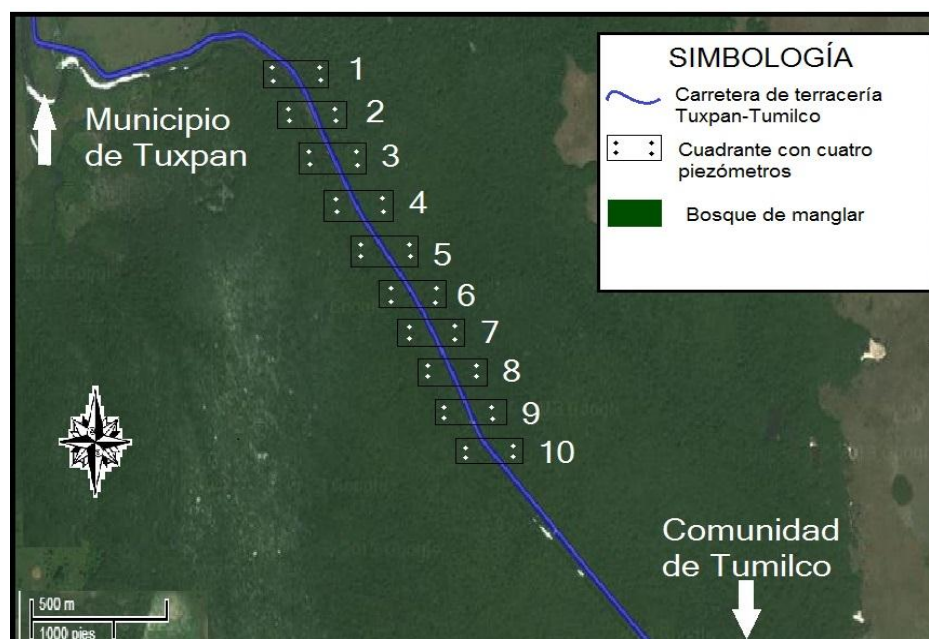


Figura 4. Distribución de cuadrantes y piezómetro

Los muestreos de caracterización estomática fueron realizados en la temporada de lluvia correspondiente al año 2011 y la temporada de sequía del año 2012. Las evaluaciones de parámetros físico químicos de suelo y de agua fueron realizados en las temporadas de lluvia y sequía correspondiente al año 2012, y finalmente los muestreos sobre la evaluación del contenido de clorofila fueron realizados durante las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno correspondiente al 2012.

4.5. CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA

Para la caracterización estomática se recolecto material vegetal, cinco hojas de cinco árboles de cada una de las tres especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*) dando un total de quince árboles y setenta y cinco hojas. Los árboles seleccionados para la toma de muestras fueron los que se encontraban después de 20 metros de la carretera de terracería, esto con el fin de evitar el efecto de borde. Las hojas fueron numeradas con etiquetas, después fueron colocadas en bolsas de plástico de 25 x 35 cm de acuerdo a la especie, para posteriormente ser llevadas al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Veracruzana donde fueron colocadas en un refrigerador a una temperatura de 3 grados con el fin de conservarlas para su análisis.

Todo este proceso se realizó en temporada de lluvia y temporada de sequía para evaluar las diferencias

Posteriormente se midió el área foliar de cada una de las hojas y se realizaron las impresiones estomáticas.

Para las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* se hicieron impresiones semi permanentes mediante la técnica de micro-relieve, utilizando cianoacrilato y en el caso de *Avicennia germinans* no se consiguió obtener impresiones claras para obtener la densidad estomática y el índice estomático, por lo que se descartó de las mediciones, sin embargo se determinó el tipo de hoja que posee.

Una vez realizadas las impresiones se observaron mediante un microscopio óptico a un aumento de 40X (Figura 5), para tomar directamente las cinco fotografías de cinco campos de cada hoja.



Figura 5. Microscopio óptico

El cálculo del índice estomático (IE) se realizó a través de la ecuación sugerida por Salisbury (1928):

$$\text{IE} = (\text{NE}) / (\text{NE} + \text{CE} \cdot 100)$$

Dónde:

IE = Índice estomático.

NE = Número de estomas por campo de observación.

CE = Número de células epidérmicas en el campo de observación.

La determinación de la densidad estomática (DE) se realizó contabilizando el número de estomas por unidad de área (mm²)

4.6. EVALUACIONES FÍSICO-QUÍMICOS

La toma de valores físico químicos serán realizadas mediante un medidor Multiparámetro modelo HI 9829 (Figura 6) empleando una de sonda de la serie HI 76x9829 del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana región Poza Rica-Tuxpan.



Figura 6. Medidor Multiparámetros HI 9829

4.6.1. EVALUACIONES DE PARÁMETROS FÍSICO–QUÍMICOS DEL SUELO.

Las evaluaciones del suelo se realizaron una vez de acuerdo a la temporada de sequía (Noviembre a Mayo) y la temporada de lluvia (Junio a Octubre) estas mediciones se hicieron utilizando un medidor Multiparámetro HI 9829.

Los muestreos fueron realizados de la siguiente forma:

1. En cada uno de los 10 cuadrantes se colocaron 4 piezómetros distribuidos a dos metros de cada esquina, teniendo un total de 40 piezómetros en el área de estudio.

2. La colecta de las muestras se tomaron alrededor de cada uno de los cuatro piezómetros en un diámetro de un metro, como se muestra en la figura 7.
3. Se cavó un pozo con una cavadora manual al lado del piezómetro de un metro de diámetro, con un recipiente se tomó una porción de suelo y tres de agua con el mismo recipiente (del mismo pozo) para obtener una muestra de 1 a 3.
4. De la mezcla obtenida se tomó la medición de pH, salinidad, sólidos disueltos totales y temperatura mediante un medidor multiparámetro HI 9829 empleando una sonda de la serie HI 76x9829, en cada muestreo se hicieron tres repeticiones, de los datos obtenidos se realizó una media aritmética y este dato fue el que consideramos por cada piezómetro.

4.6.2. PARÁMETROS FÍSICO–QUÍMICOS DEL AGUA.

Las evaluaciones del agua del área de estudio se realizaron dos veces por mes por medio de piezómetros, los cuales se ubicaron con relación a las esquinas de cada cuadrante, con un total de 40 piezómetros. Estas mediciones se hicieron mediante un Multiparámetro modelo HI 9829.

Los muestreos fueron realizados de la siguiente forma:

1. En cada uno de los 10 cuadrantes se colocaron 4 piezómetros distribuidos a dos metros de cada esquina, teniendo un total de 40 piezómetros en el área de estudio.
2. La colecta de las muestras se tomaron del agua contenida en cada piezómetro.
3. Las mediciones de los parámetros del agua fueron directamente tomadas de cada uno de los cuatro piezómetros distribuidos en cada cuadrante como se muestra en la figura 7, introduciendo la sonda del medidor multiparámetro HI 9829, no fue necesario extraer el agua debido a que el diámetro del piezómetro fue lo suficientemente grande para que la sonda fuera introducida.

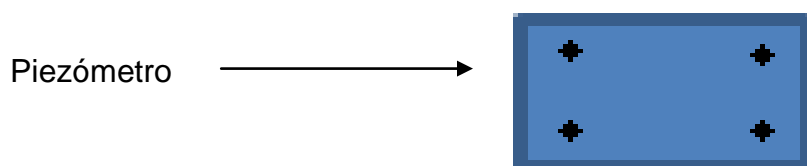


Figura 7. Disposición de los piezómetros en el cuadrante de 70 x 30 m.

4.7. CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA

Las mediciones se realizaron en cada estación de año (Primavera, Verano, Otoño e Invierno). La cuantificación de clorofila en la planta se midió con el Spad 502 que se muestra en la figura 8, esta es una prueba no destructiva, lo cual quiere decir que no es necesario desprender las hojas del árbol para realizarla.



Figura 8. Medidor de clorofila (Spad 502)

La forma en la que se realizaron las mediciones fue la siguiente:

1. Se tomaron al azar cinco árboles de cada especie dando un total de 15 árboles por cuadrante.

2. La estimación del contenido en clorofilas se realizaron con un medidor portátil SPAD-502 (figura 8) en hojas ubicadas en el diámetro a la altura del pecho (DAP), las hojas seleccionadas fueron adultas y visiblemente sanas, evitando la presencia de manchas causadas por alguna enfermedad e incluso de daños causados por plagas.
3. Las mediciones se hicieron en la parte central de las hojas a un lateral, evitando la nervadura principal.
4. En cada muestreo se hicieron tres repeticiones por hoja, al final se obtuvo una media aritmética y el resultado fue el que se tomó para cada hoja.

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar el modelo estadístico que se utilizó para cada uno de los objetivos fue necesario un análisis completo de la identificación y el tipo de variables de respuesta, así como la suma de tratamientos que fueron tomados en cuenta a lo largo del trabajo de campo de la investigación, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro 1. Modelos estadísticos determinados para los objetivos particulares

OBJETIVO	VARIABLES DE RESPUESTA	TRATAMIENTOS	MODELO ESTADÍSTICO
* Caracterización y evaluación estomática de tres especies de mangle en dos temporadas climáticas.	* I.E. (Índice estomático) * D.E. (Densidad estomática)	* ESPECIES * TEMPORADAS	* χ^2 *T-Student
* Comparación de los aspectos físicos y químicos (pH, salinidad, temperatura) del suelo y agua del estero.	* TEMPERATURA. * SALINIDAD. * pH. * TDS. (Solidos Disueltos Totales)	* ORIENTACIÓN * ESTACIÓN *CUADRANTE *MUESTREO	* ANOVA *TUKEY
* Evaluar el contenido de Clorofila en tres especies de mangle.	*CLOROFILA	* ORIENTACIÓN * ESTACIÓN *CUADRANTE *MUESTREO	* ANOVA *TUKEY

Para el análisis de las pruebas se utilizó el paquete estadístico R versión 2.10.1. Todos los modelos estadísticos que se utilizaron se tuvo un margen de error de 0.05 (*) para poder considerarse significativo.

V. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA

Existe una clara diferencia entre el tamaño, distribución y abundancia de los estomas y las células epidérmicas de las tres especies estudiadas, los estomas de *Rhizophora mangle* son visiblemente de mayor tamaño por lo cual se presentan en menor cantidad en comparación con los encontrados en *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* tal y como se observa en las siguientes figuras 9, 10 y 11.

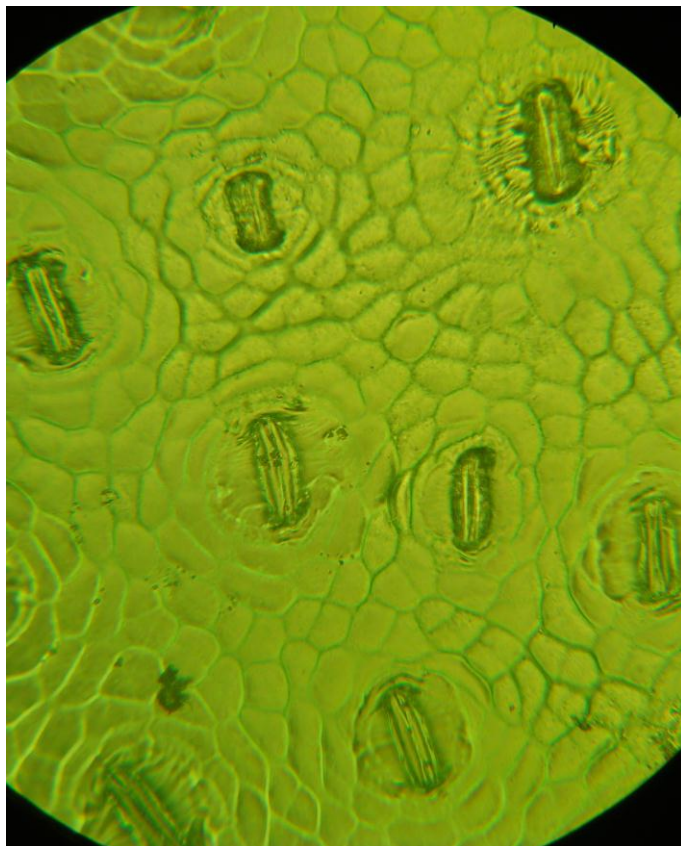


Figura 9. Epidermis abaxial de *Rhizophora mangle*

Las hojas de *Rhizophora mangle* se clasificaron como Hipoestomáticas, *Laguncularia racemosa* se clasificó como Anfiestomáticas y *Avicennia germinans* como Hipoestomáticas.

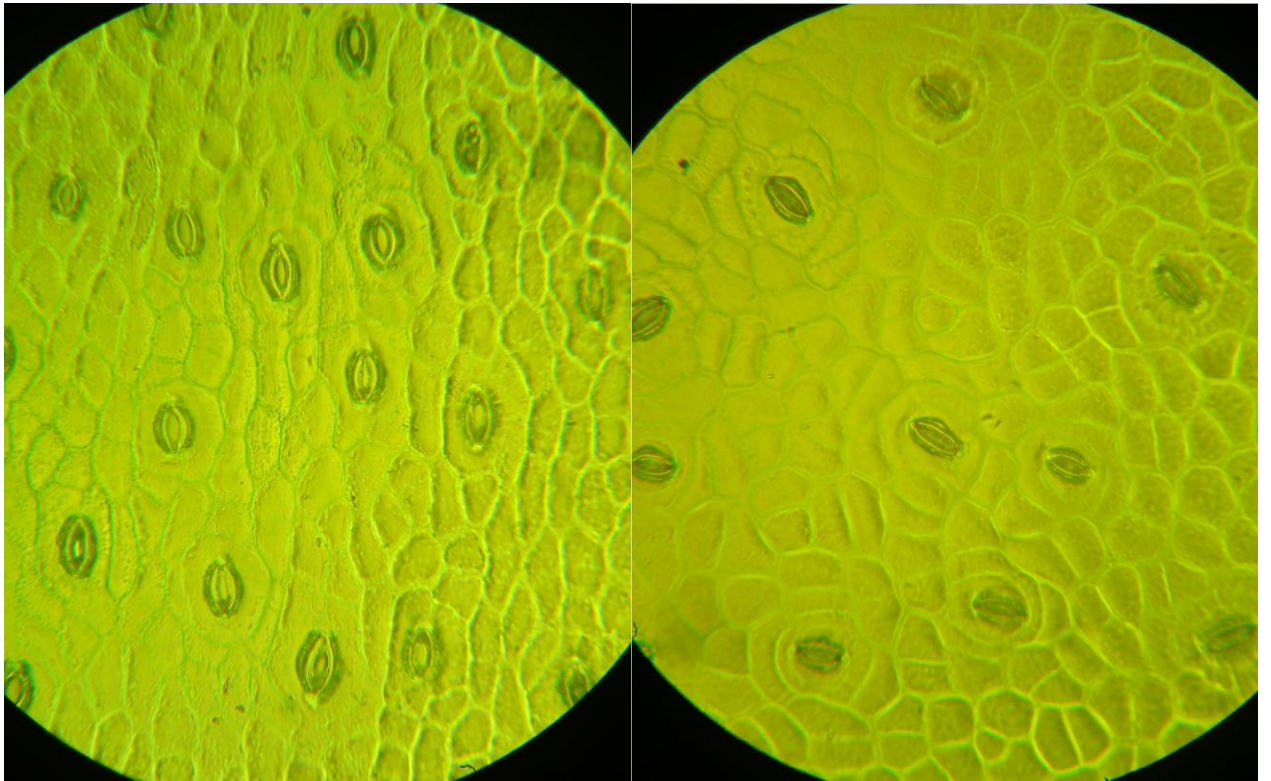


Figura 10. Epidermis adaxial y abaxial de *Laguncularia racemosa*

Con respecto al tipo de estomas se observó que presentan estomas tipo paracítico para *Rhizophora mangle* (Figura 9), anomocítico para *Laguncularia racemosa* (Figura 10) y *Avicennia germinans* presentó estomas en la superficie abaxial (Figura 11), sin embargo debido a la mala calidad de las impresiones semi permanentes no se pudo determinar qué tipo de estomas presenta, en esta

también se observaron células epidérmicas típicas y la presencia de células excretoras en la parte abaxial, lo anterior se muestra en la Cuadro 2.

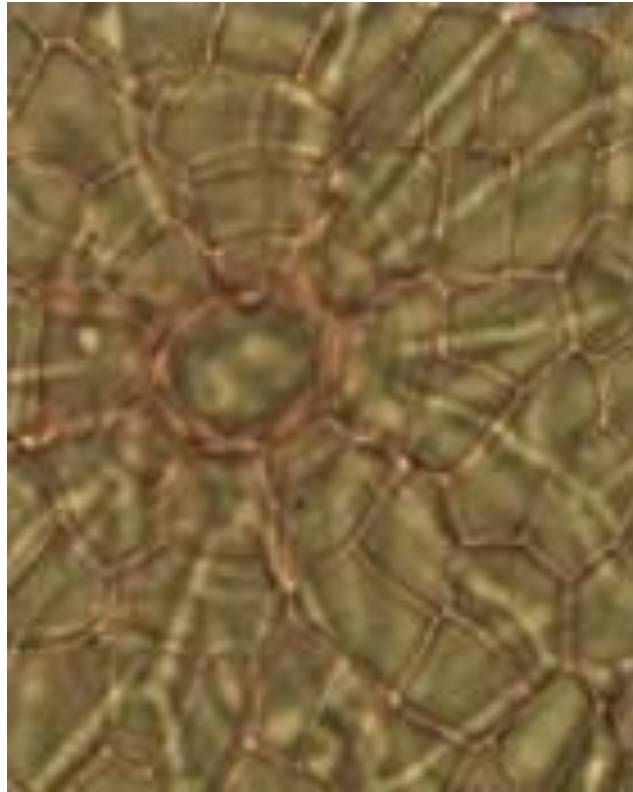


Figura 11. Epidermis abaxial de *Avicennia germinans*. Tomado de Rodríguez *et al.*, 2011.

Enseguida se muestra un resumen del estudio que se le hizo a las tres especies de mangle, donde señala la presencia de células epidérmicas, estomas, y células excretoras, teniendo dos especies con estomas ubicados en la parte abaxial de la hoja y solo una especie con la presencia de estos en ambas caras (Cuadro 2)

Cuadro 2. Ubicación de estomas y células en las especies de mangle

ESPECIE	SUPERFICIE	ESTOMAS	CÉLULAS EPIDÉRMICAS	CÉLULAS EXCRETORAS
<i>Rhizophora</i>				
<i>mangle</i>	ABAXIAL	X	X	
<i>Rhizophora</i>				
<i>mangle</i>	ADAXIAL		X	
<i>Laguncularia</i>				
<i>racemosa</i>	ABAXIAL	X	X	Pecíolo
<i>Laguncularia</i>				
<i>racemosa</i>	ADAXIAL	X	X	Pecíolo
<i>Avicennia</i>				
<i>germinans</i>	ABAXIAL	X	X	
<i>Avicennia</i>				
<i>germinans</i>	ADAXIAL		X	X

5.2. ÍNDICE Y DENSIDAD ESTOMÁTICA.

5.2.1. TEMPORADA DE LLUVIA.

El estudio fue realizado en la temporada de lluvias (Vázquez, 2010), en el mes de noviembre del 2012; para determinar la densidad e índice estomático fue necesario contabilizar el número de estomas y células epidérmicas presentes en cada campo capturado utilizando el software UTHSCSA Image Tool Version 3.00 para posteriormente hacer una media de la densidad e índice estomático, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro 3. Caracterización estomática en temporada de lluvias de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

ESPECIE	SUPERFICIE	N° de ESTOMAS	N° de CEL. EPIDERMICAS	MEDIA I.E (%)	MEDIA D.E (mm ²)
<i>Rhizophora mangle</i>	ABAXIAL	8.968	356.616	2.47	35.8
<i>Laguncularia racemosa</i>	ABAXIAL	7.936	161.528	4.72	31.7
<i>Laguncularia racemosa</i>	ADAXIAL	12.368	189.096	6.15	49.35

Los datos que arrojó el estudio realizado para índice estomático muestra que la especie de *Laguncularia racemosa* en su superficie adaxial tiene un nivel más alto de índice con 6.2% que la superficie abaxial de *Laguncularia racemosa* con 4.7 y que *Rhizophora mangle* en su superficie abaxial con 2.5%; esta diferencia es notoria aunque no significativa estadísticamente utilizando una t de Student (Figura 12)

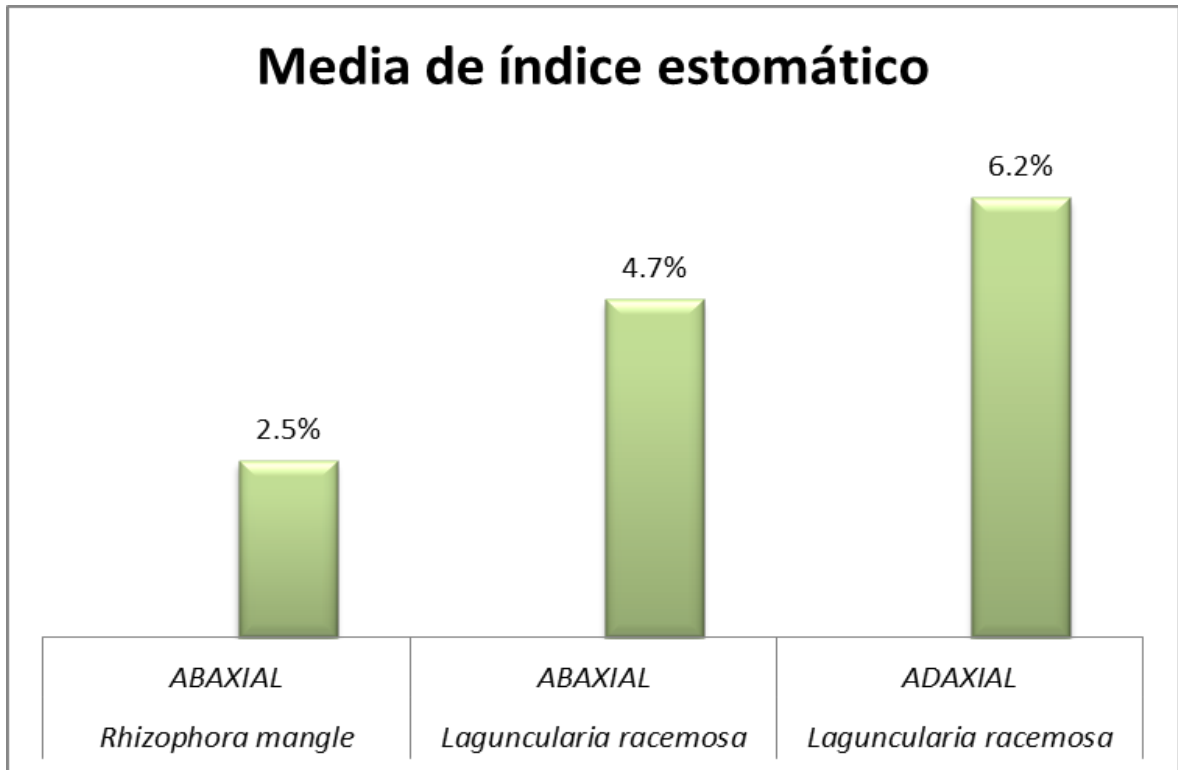


Figura 12. Índice estomático en temporada de lluvias de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*

Los resultados de las medias de densidad estomática muestra que la especie de *Laguncularia racemosa* en su superficie adaxial tiene un nivel más alto de estomas con 49.35 mm² con que la superficie abaxial de *Laguncularia racemosa* con 31.7 y *Rhizophora mangle* en su superficie abaxial tuvo un 35.8, más alto que *Laguncularia racemosa* para la misma superficie; esta diferencia es notoria aunque no significativa estadísticamente utilizando una t de Student. (Figura 13)

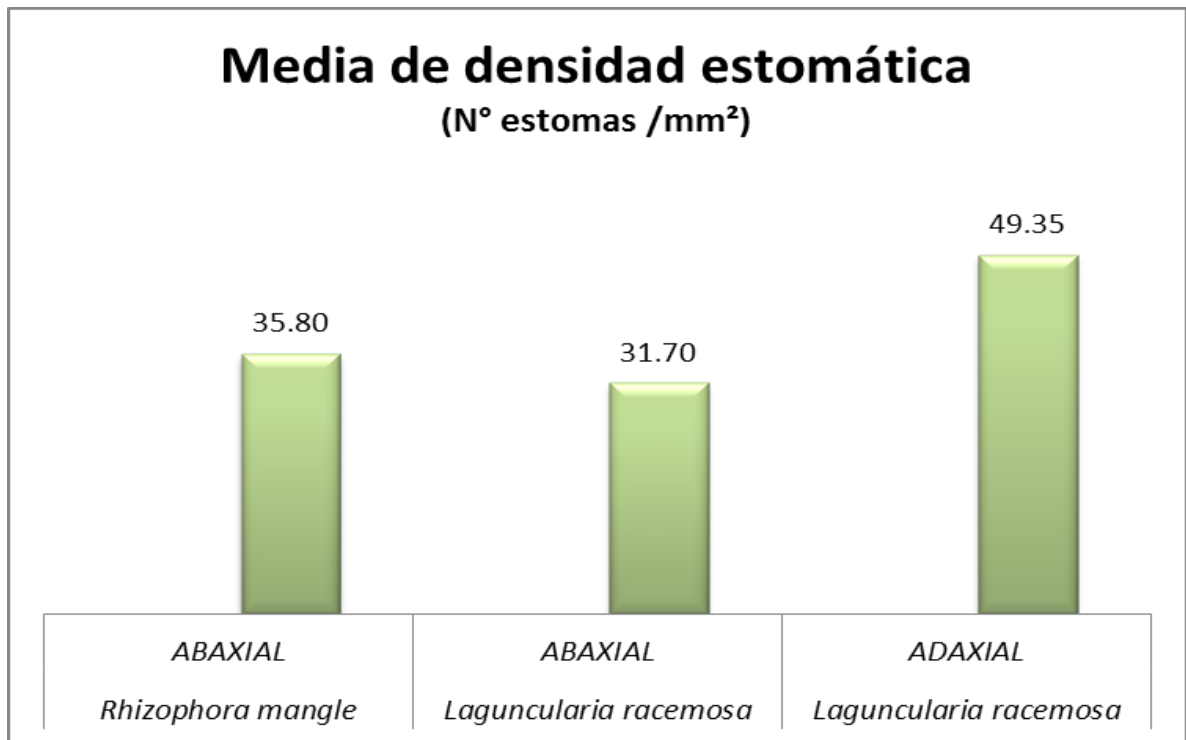


Figura 13. Densidad estomática en temporada de lluvias de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*

5.2.2. TEMPORADA DE SEQUÍA.

El estudio fue realizado en el mes de Mayo del 2013 según (Vázquez, 2010); siguiendo el mismo procedimiento para la temporada de lluvia, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro 4. Caracterización estomática en temporada de secas de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

ESPECIE	SUPERFICIE	N° de ESTOMAS	N° de CEL. EPIDERMICAS	MEDIA I.E (%)	MEDIA D.E (mm ²)
<i>Rhizophora mangle</i>	ABAXIAL	12.6	408.7	3	50.27
<i>Laguncularia racemosa</i>	ABAXIAL	9.53	270.3	3.5	38.03
<i>Laguncularia racemosa</i>	ADAXIAL	16	280.3	5.4	63.84

Los datos que arrojo el estudio realizado para índice estomático muestra que las medias para la especie de *Laguncularia racemosa* en la cara abaxial tiene un índice más alto con 5.4 en comparación con la cara adaxial con 3.5 de esta misma especie y aun menor fue el índice de *Rhizophora mangle* en la superficie abaxial con 3; esta diferencia es notoria aunque no estadísticamente significativa una t de student al analizarlas de manera individual (Fig. 14).

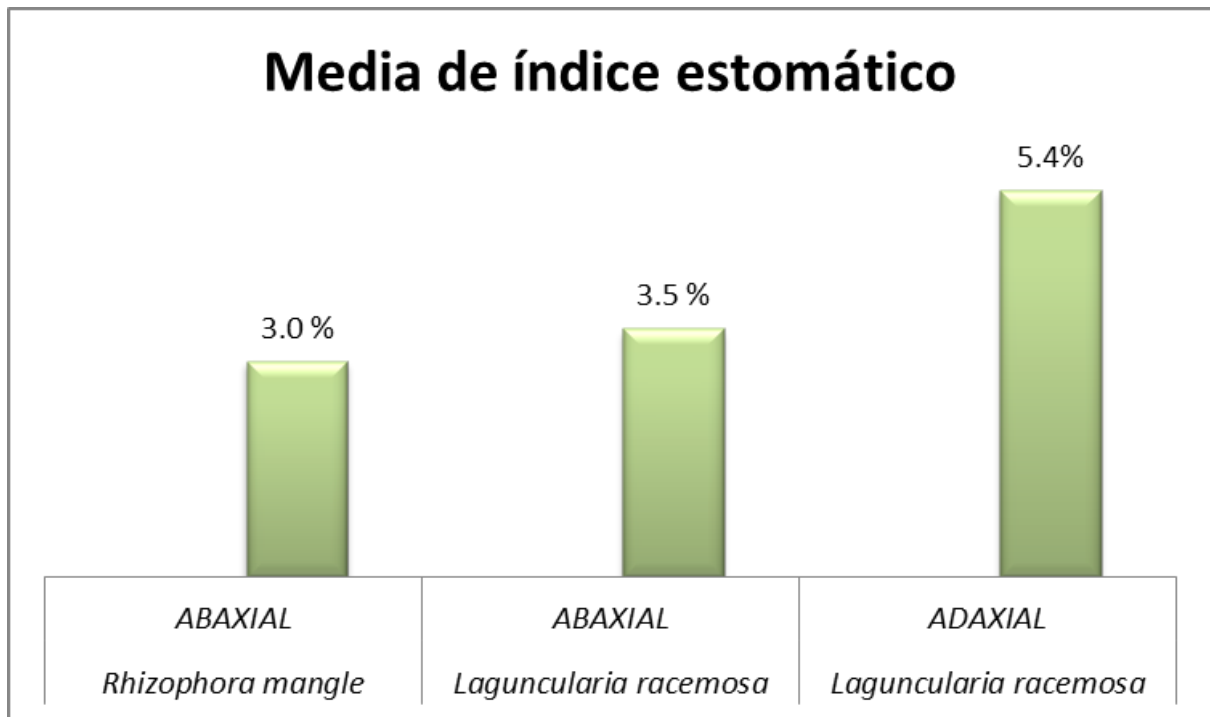


Figura 14. Índice estomático en temporada de sequía de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*

Los resultados de las medias de densidad estomática muestra que la especie de *Laguncularia racemosa* en la cara adaxial tiene un nivel más alto con una media de 63.8 estomas por mm^2 , que en la superficie abaxial de *Rhizophora mangle* con 50.3 y aun menor *Laguncularia racemosa* en la cara abaxial con 38 estomas por mm^2 , estas diferencias son notorias aunque no significativas estadísticamente realizando t de Student (Fig. 15)

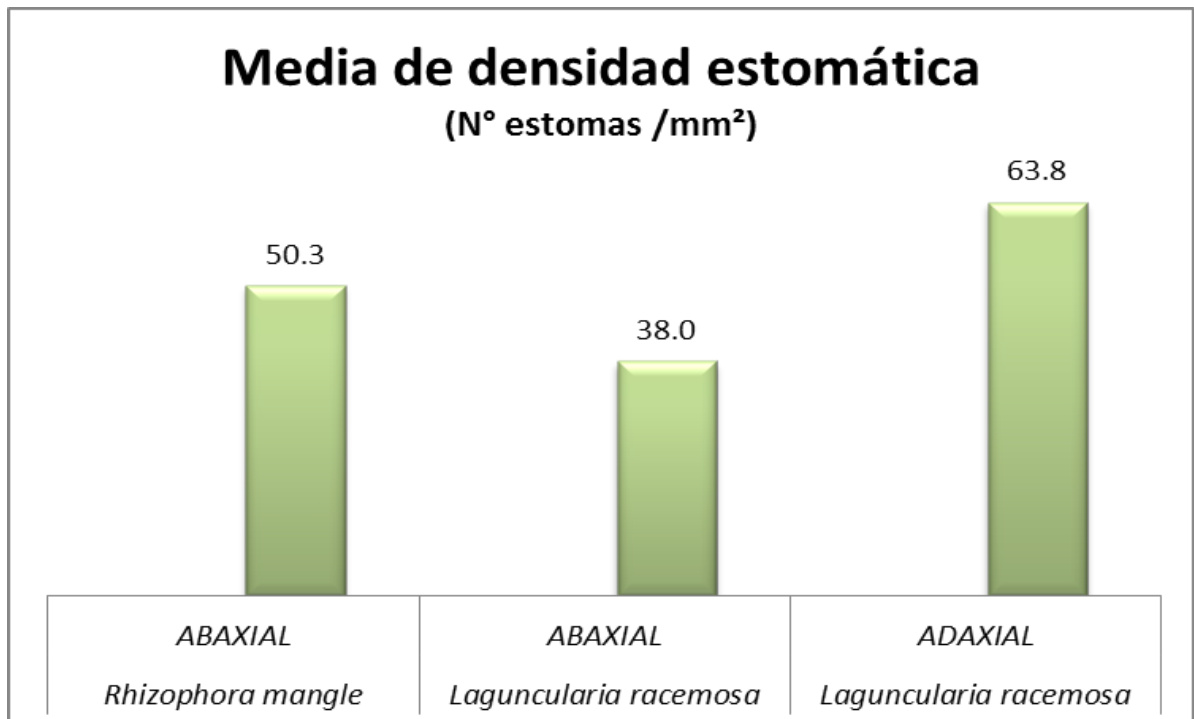


Figura 15. Densidad estomática en temporada de sequía de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*

5.2.3.- COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

La relación del índice estomático por especies y por temporadas climáticas tiene muy poca diferencia, sin embargo es visible un ligero aumento de este indicador en la temporada de lluvias con respecto a la temporada de sequía, siguiendo el mismo patrón, teniendo un índice mínimo *Rhizophora mangle* con 2.5% en la superficie abaxial durante la temporada de lluvia y un máximo en *Laguncularia racemosa* en su parte adaxial con 6.2%, lo antes mencionado puede visualizarse en la siguiente figura.

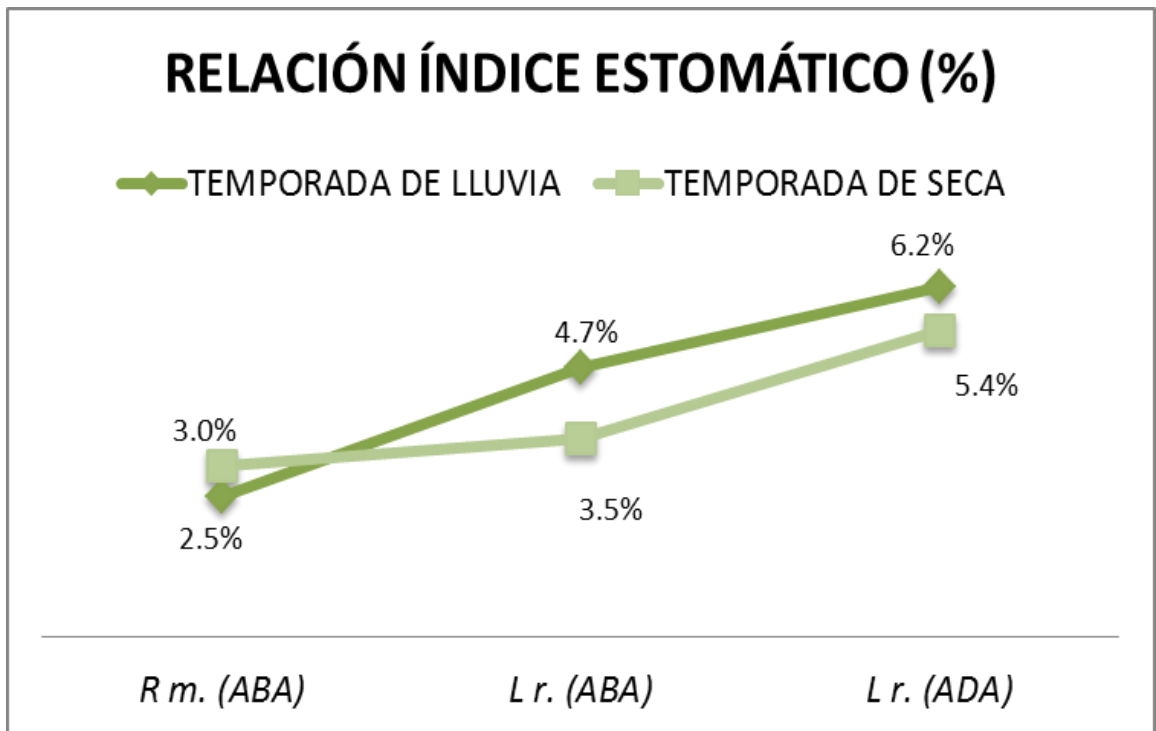


Figura 16. Índice estomática en temporada lluvias y de sequía de las especies *Rhizophora mangle* (R.m.) y *Laguncularia racemosa* (L.r.)

La relación de la densidad estomática por especies y por temporadas climáticas tiene una muy visible diferencia de la temporada de sequía con respecto a la temporada de lluvias siempre siguiendo el mismo patrón, teniendo un mayor número de estomas en *Laguncularia racemosa* en su parte adaxial con 64 estomas por mm² en temporada de seca, y una mínima en *Laguncularia racemosa* en su parte abaxial con 20 para la época de lluvia, como se muestra en la siguiente figura.

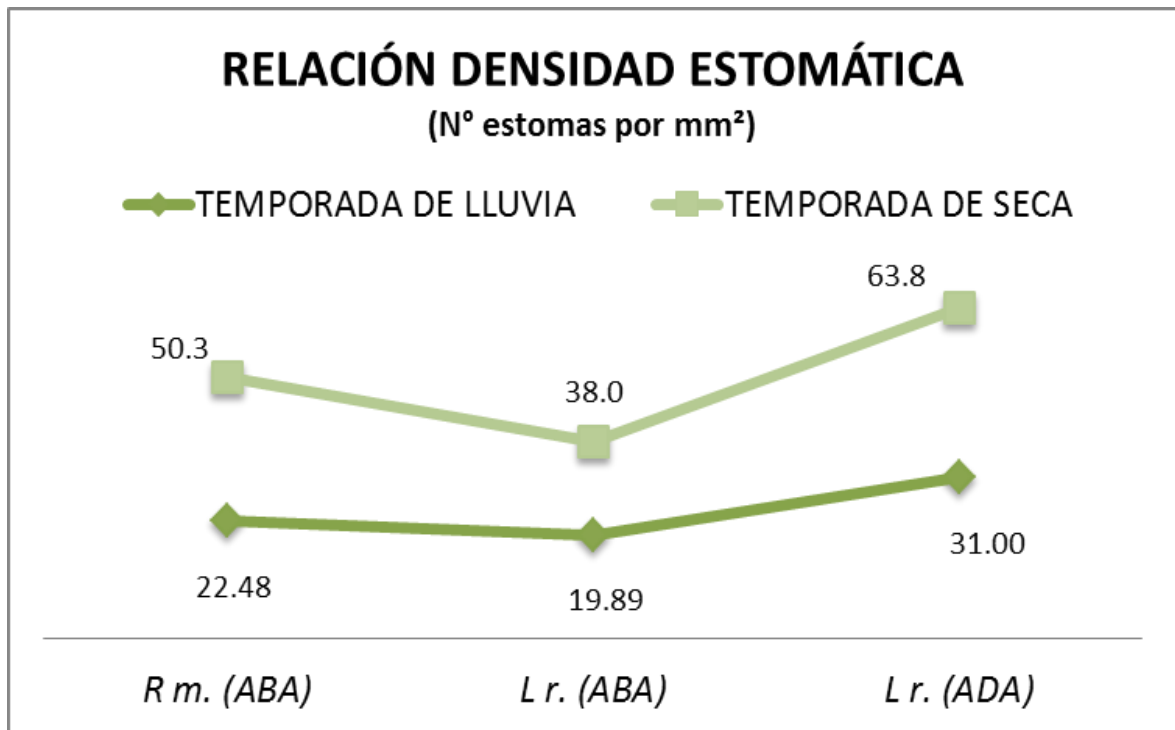


Figura 17. Densidad estomática en temporada lluvias y de sequía de las especies *Rhizophora mangle* (R.m.) y *Laguncularia racemosa* (L.r.)

Para analizar estadísticamente los datos de densidad e índice estomático se utilizó una χ^2 (Chi cuadrada) para analizar las medias por mm² de dos especies durante las dos temporadas climáticas y una prueba de t de Student en la cual se utilizaron los mismos datos pero esta vez de manera individual para *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, ambos datos de la superficie abaxial, con lo que se obtuvo lo siguiente:

De acuerdo a la figura 17, se puede observar con claridad que *Rhizophora mangle* tuvo un aumento marcado de la densidad estomática de la temporada de lluvia a la temporada de sequía, mientras que *Laguncularia racemosa* aumento levemente en la temporada de lluvia ante la temporada de sequía, sin embargo

utilizando la prueba de χ^2 analizando todo el conjunto, no se encontraron diferencias significativas entre especies por temporadas climáticas como se muestra a continuación:

$$\chi^2 = 0.7886, \text{ gl} = 1, \text{ p} = 0.3745$$

Y al realizar una prueba de t de student para analizar los datos de manera individual por especie tampoco se obtuvieron diferencias significativas, dando como resultado lo siguiente:

$$t = -1.0814, \text{ df} = 75.503, \text{ p} = 0.283$$

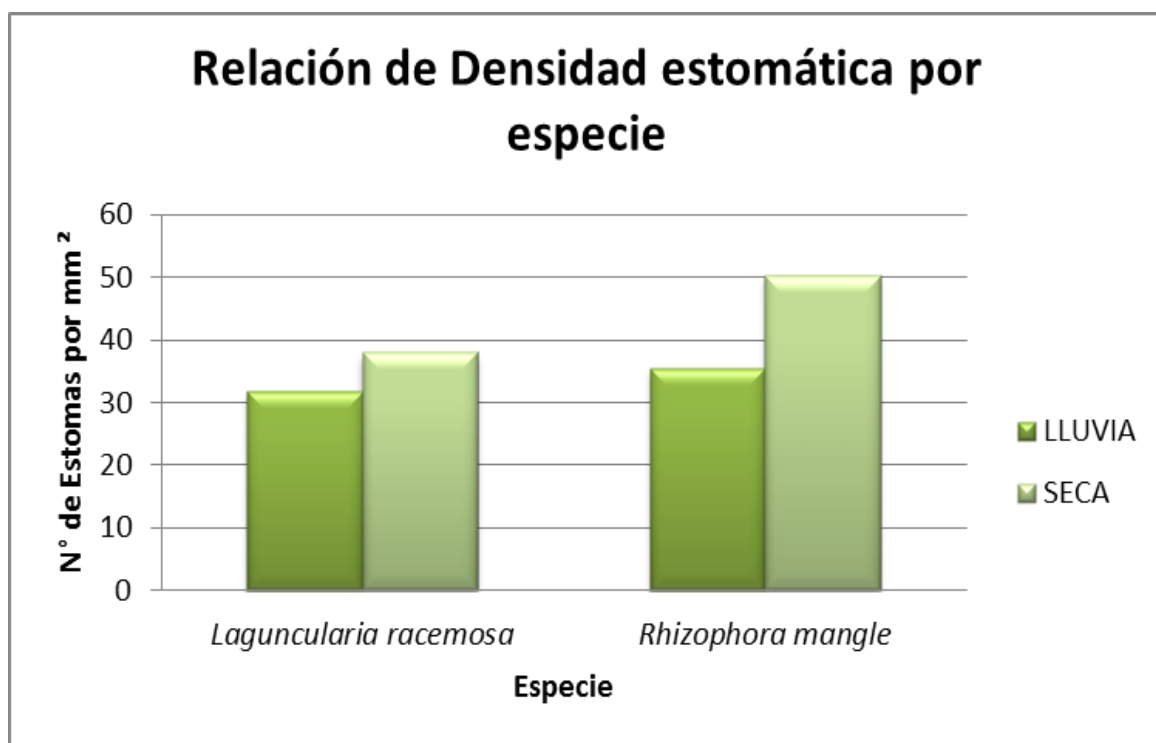


Figura 18. Densidad estomática en temporada lluvias y de sequía de las especies.

De acuerdo a la siguiente figura se puede observar con claridad que *Rhizophora mangle* aumento levemente en cuanto al índice estomático en la temporada de

sequía con respecto a la temporada de lluvia, mientras que *Laguncularia racemosa* disminuyo en la temporada de sequía ante la temporada de lluvia, sin embargo estadísticamente utilizando la prueba de χ^2 con respecto al índice estomático no se encontraron diferencias significativas entre especies por temporadas climáticas dando como resultado lo siguiente:

$$\chi^2 = 0.2062, \text{ gl} = 1, \text{ p} = 0.6498$$

Y al analizarse mediante una t de Student de manera individual por especie, se reafirmó que no existe significancia obteniendo que:

$$t = 0.706, \text{ df} = 82.473, \text{ p} = 0.4822.$$

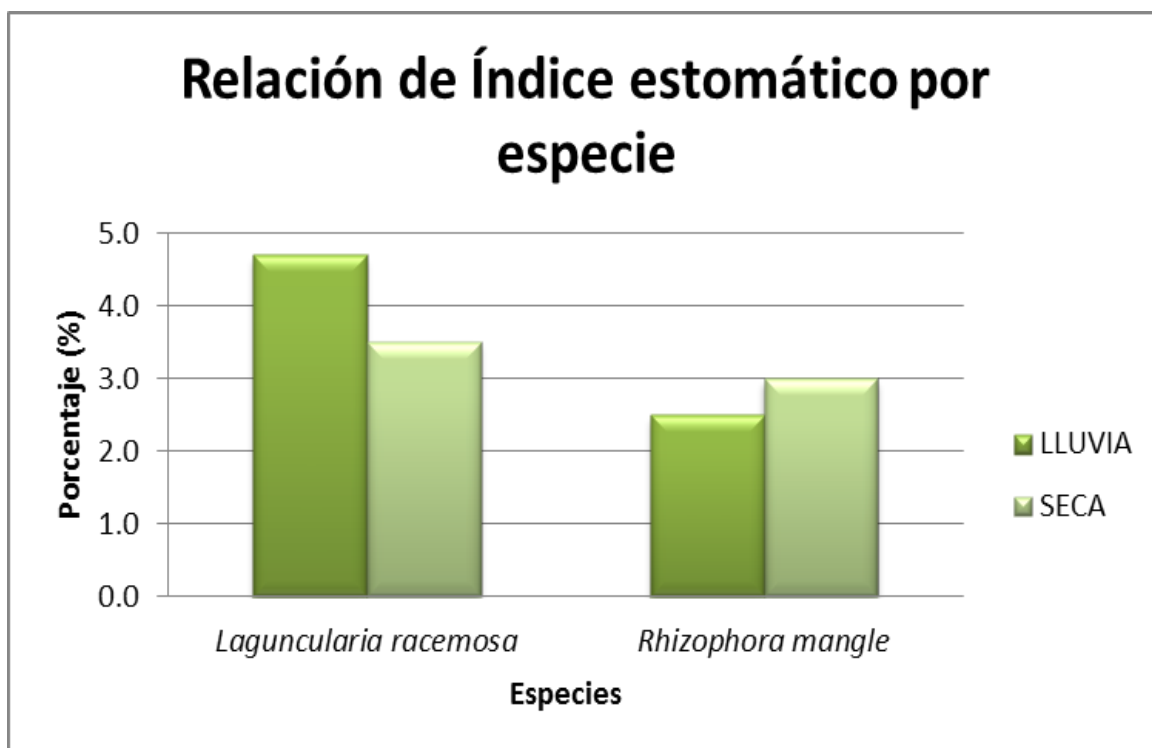


Figura 19. Índice estomático en temporada lluvias y de sequía de las especies

5.3. PARÁMETROS FÍSICO–QUÍMICOS DE SUELO Y AGUA.

Los parámetros físico-químicos del suelo y el agua presentes en el bosque de manglar fueron analizados estadísticamente en relación a la clorofila dando los siguientes resultados:

Cuadro 5. Resultados de Anova con respecto a Clorofila- Parámetros físico químicos.

RELACIÓN	Valor de p
CLOROFILA-TEMPERATURA	3.552e-11 ***
CLOROFILA-SALINIDAD	5.027e-07 ***
CLOROFILA-pH	0.36006
CLOROFILA-TDS.g.l	0.83001

Los promedios de los valores de temperatura del suelo en los diez cuadrantes para la época de lluvia muestra una variación de 0.9 unidades, presentando una temperatura mínima de 25.6 °C para el cuadrante 3 y una máxima de 26.5 °C para el cuadrante 1, para la época de seca las medias muestran una variación de 1.6 unidades, presentando una temperatura mínima de 26.2 °C para el cuadrante 6 y una máxima de 27.8 °C para el cuadrante 3. En tanto los valores del agua para la

época de lluvia muestra una variación de 1°, presentando una temperatura mínima de 25.3°C para el cuadrante 6 y una máxima de 26.3 °C para el cuadrante 1, para la época de seca los valores que muestra una variación de casi 2°, presentando una temperatura mínima de 26.2 °C para el cuadrante 9 y una máxima de 27.3 °C para los cuadrantes 1 y 2. Esto sugiere que hay diferencias entre cuadrantes y temporadas lluvia-sequía, sin embargo no son diferencias estadísticas. Lo anterior se puede observar en la figura 20.

Al analizar la temperatura con el contenido de clorofila se obtuvo un valor de $p=3.552e-11$ lo cual dice que si existen diferencias altamente significativas, en base a esto se realizó una prueba de correlación dando como resultado que existe una correlación positiva, es decir que al aumentar la temperatura de igual forma aumenta el contenido de clorofila sin embargo esta correlación solo se explica en un 28%.

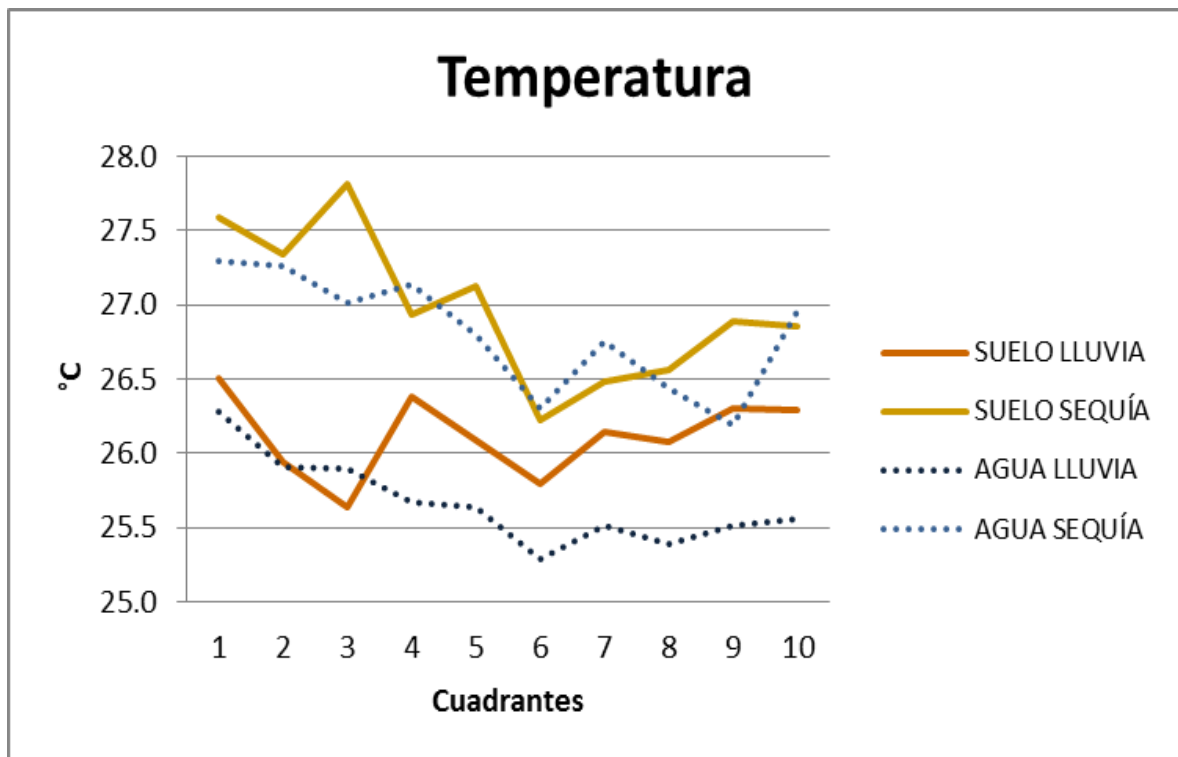


Figura 20. Relación de temperatura de suelo y agua entre temporadas.

En tanto los sólidos disueltos totales los promedios de los estudios del suelo en los diez cuadrantes para la época de lluvia muestra una variación de 17 unidades, presentando un valor mínimo de 23.8 g/l para el cuadrante 1 y un máximo de 40.8 g/l para el cuadrante 6, para la época de seca los valores que muestra una variación de 19.2 unidades, presentando un valor mínimo de 17.7 g/l para el cuadrante 9 y un máximo de 36.9 g/l para el cuadrante 5. Así los valores del agua para la época de lluvia muestra una variación de 10.9 unidades, presentando un valor mínimo de 30.1 g/l para el cuadrante 9 y un máximo de 41 g/l para el cuadrante 2, para la época de seca los valores que muestra una variación de 8 unidades, presentando un valor mínimo de 30.8 g/l para el cuadrante 10 y un máximo de 38.6 g/l para el cuadrante 2 lo cual nos dice que hay diferencias, sin

embargo al realizar una prueba de Anova se demuestra que no son estadísticamente importantes, de igual forma sucedió al relacionar el contenido de clorofila con los TDS. Esto se puede observar en la figura 21.

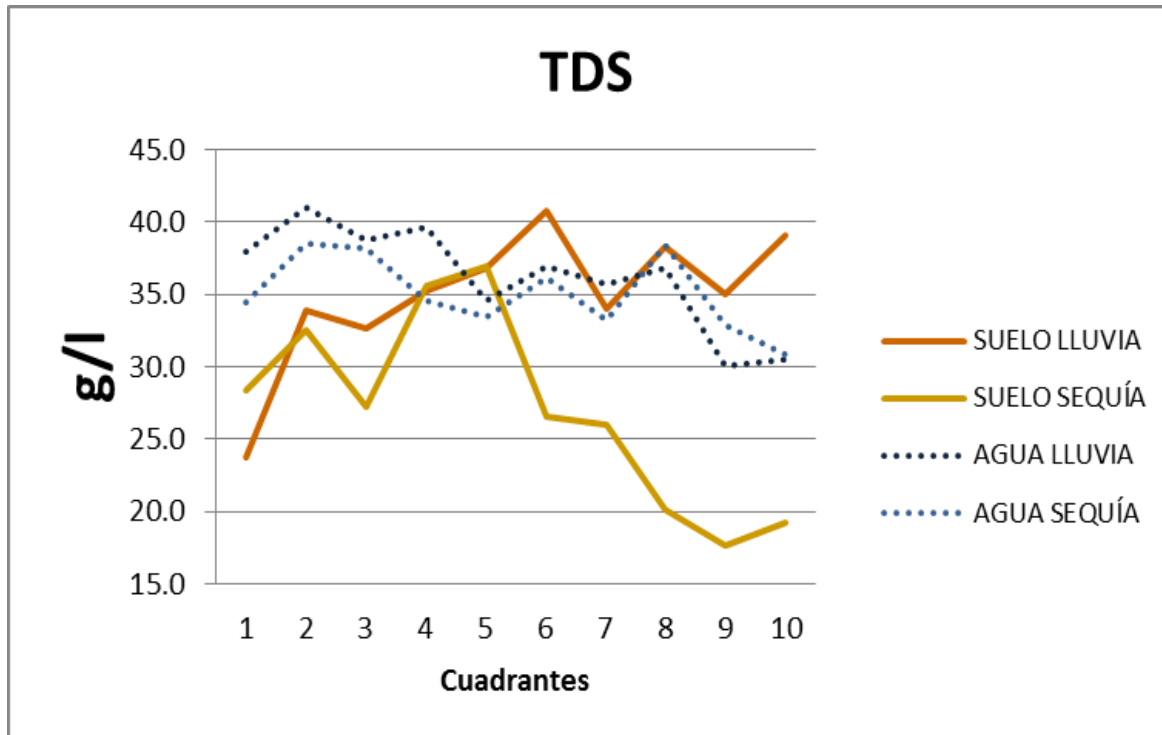


Figura 21. Relación de solidos disueltos totales de suelo y agua entre temporadas

Con respecto a las medias obtenidas para salinidad en cuanto al suelo en los diez cuadrantes para la época de lluvia muestra una variación de 12.8 unidades, presentando un valor mínimo de 27.8 ups para el cuadrante 1 y un máximo de 40.6 ups para el cuadrante 5, para la época de seca los valores que muestra una variación de 21 unidades, presentando un valor mínimo de 16.7 ups para el cuadrante 9 y un máximo de 37.7 ups para el cuadrante 5. En tanto los valores del

agua para la época de lluvia muestra una variación de 16.5 unidades, presentando un valor mínimo de 30.7 ups para el cuadrante 10 y un máximo de 47.2 ups para el cuadrante 2, para la época de seca los valores que muestra una variación de 17.5 unidades, presentando un valor mínimo de 24.9 ups para el cuadrante 5 y un máximo de 42.3 ups para el cuadrante 2. Esto se puede observar en la figura 22.

Sin embargo al analizar los valores medios de salinidad con el contenido de clorofila se obtuvo un valor de $p=5.027e-07$ *** lo cual nos dice que existe una diferencia altamente significativa, en base a esto se realizó una prueba de correlación dando como resultado que existe una correlación negativa, es decir que al aumentar la temperatura disminuye el contenido de clorofila y viceversa, esta correlación solo se explica en un 21%.

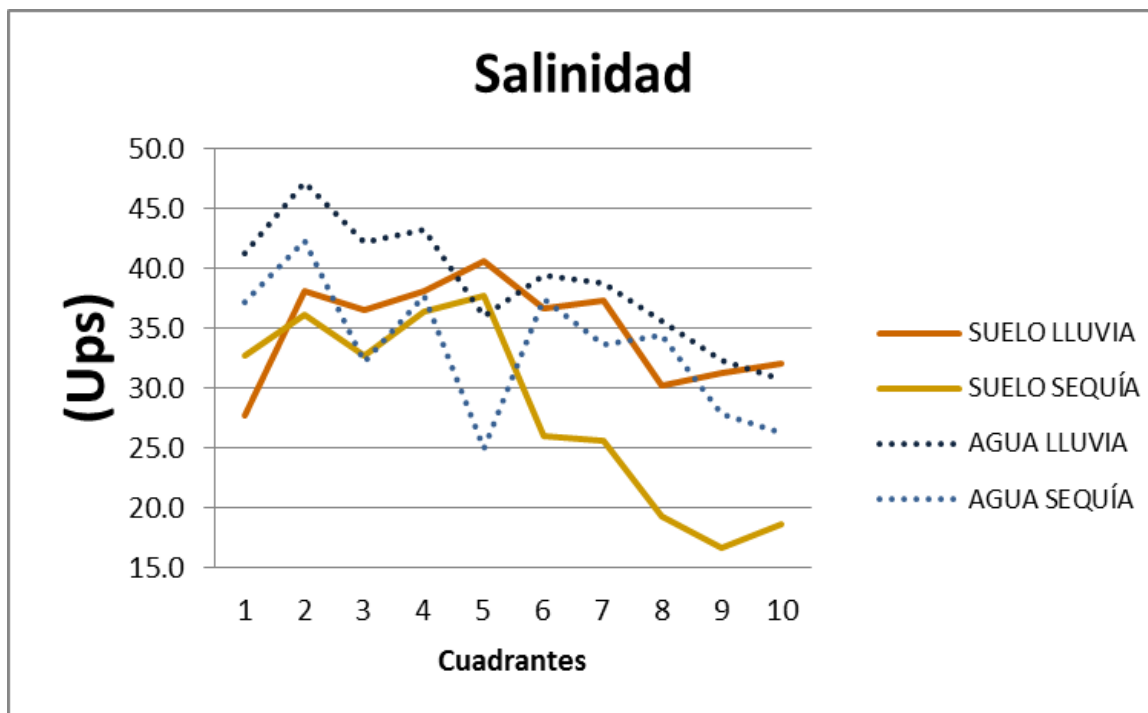


Figura 22. Relación de Salinidad (ups) de suelo y agua entre temporadas.

Finalmente los valores medios del potencial de hidrogeno relacionados con el contenido de clorofila nos dicen que no hay una diferencia estadística, en cuanto al suelo en los diez cuadrantes para la época de lluvia muestra una variación de 0.9 unidades, presentando un valor mínimo de 7.7 para el cuadrante 6 y un máximo de 8.6 para el cuadrante 7, para la época de seca los valores que muestra una variación de 0.5 unidades, presentando un valor mínimo de 6.6 para el cuadrante 6 y un máximo de 7.1 para el cuadrante 2. En tanto los valores del agua para la época de lluvia muestra una variación de 0.4 unidades, presentando un valor mínimo de 6.8 para el cuadrante 6 y un máximo de 7.2 para el cuadrante 10, para la época de seca los valores que muestra una variación de 0.7 unidades, presentando un valor mínimo de 6.4 para el cuadrante 1 y un máximo de 7.1 para

el cuadrante 10, como es evidente existe una diferencia, mas no es estadísticamente significativa. Esto se observa en la figura 23.

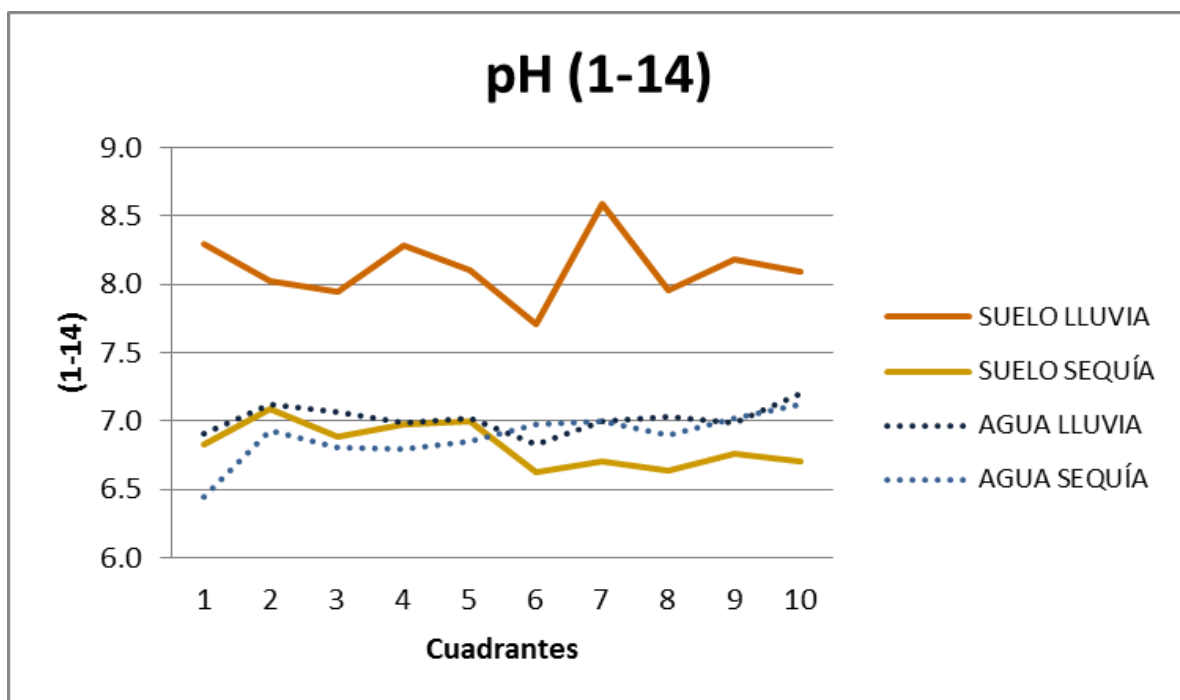


Figura 23. Relación de Potencial de Hidrogeno de suelo y agua entre temporadas.

5.4. CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA

Como se puede observar en la siguiente figura, al analizar el estudio de clorofila de las tres especies de mangle por estaciones del año, presentaron un aumento partiendo de la estación de invierno hasta el verano, sin embargo en primavera surgió una disminución, teniendo un rango de los niveles de clorofila que van desde un máximo de 69 al mínimo de 43.

Presentando los niveles más altos de clorofila en los meses de Junio a Agosto con 69% para *Rhizophora mangle*, 68% en *Avicennia germinans* y 67% *Laguncularia racemosa* y porcentajes mínimos en cuanto los meses de diciembre, enero y febrero con 43% para *Rhizophora mangle*, 44% en *Avicennia germinans* y 45% para *Laguncularia racemosa* por lo que se puede determinar que existe una diferencia altamente significativa con un valor de $p= 2.2e-16$, mostrado en la Figura 24. Así mismo analizando los porcentajes en cuando a especies no se encontraron diferencias significativas.

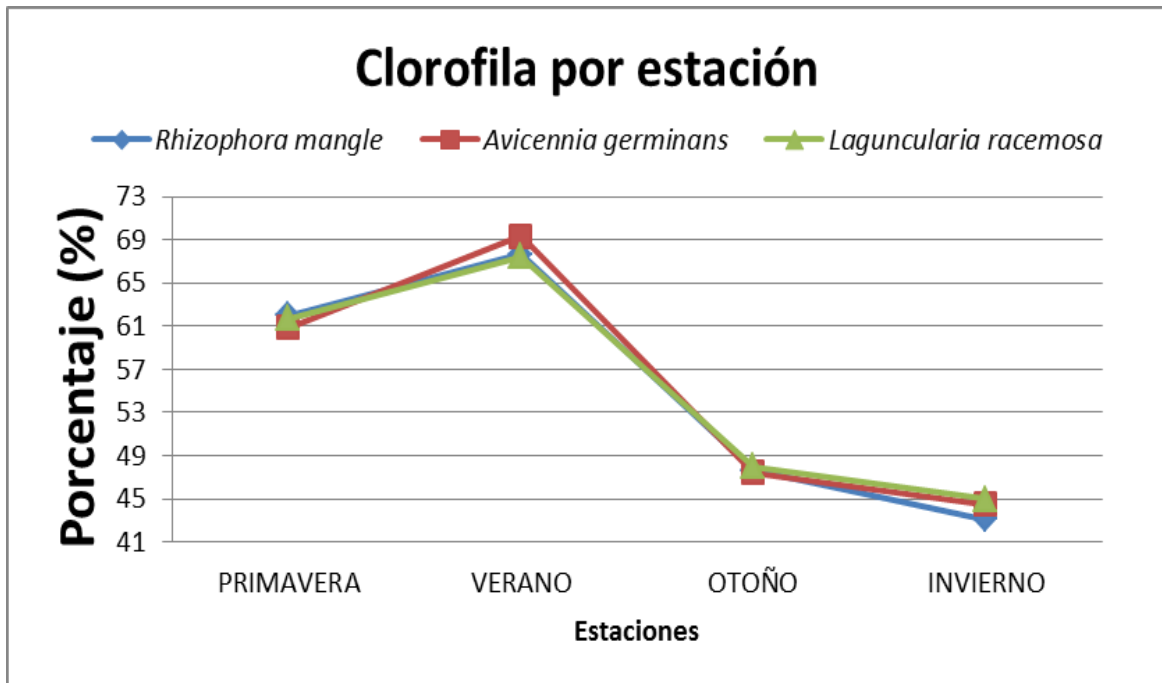


Figura 24. Contenido de Clorofila por estación del año.

Analizando estos niveles con el modelo estadístico de Anova se obtuvo que existen diferencias altamente significativas en cuanto a los niveles de clorofila relacionados con la estación del año, además de una diferencia significativa en la ubicación de los piezómetros tal y como se muestra a continuación:

Cuadro 6. Valor de p de los resultados del Estadístico de Prueba (ANOVA) de clorofila por Estación y Piezómetro.

RELACIÓN	VALOR DE p
ESTACIÓN	< 2.2e-16 ***
PIEZÓMETRO	0.02648 *

Como se encontraron diferencias altamente significativas en contenido de clorofila por estación, se llevó a cabo una prueba de Tukey para determinar en donde se presentaron las diferencias dando como resultado que todas las combinaciones de las estaciones son significativas con un valor de $p = < 0.001$

Cuadro 7. Valores de p de la Prueba de Tukey por Estaciones.

RELACIÓN	VALOR DE p
OTOÑO-INVIERNO	<0.001
PRIMAVERA-INVIERNO	<0.001
VERANO-INVIERNO	<0.001
PRIMAVERA-OTOÑO	<0.001
VERANO-OTOÑO	<0.001
VERANO-PRIMAVERA	<0.001

Para los resultados obtenidos con el Anova donde reflejan que los niveles de clorofila en cuanto a piezómetros son significativos también se realizó una prueba de Tukey para definir en cual de ellos se marco la diferencia, mostrando que el piezometro 3B difiere con el 2B, 1D y 7D únicamente.

Cuadro 8. Valores de p de la Prueba de Tukey por Piezómetro

RELACIÓN ENTRE PIEZÓMETROS	VALOR DE p
3B-2B	0.0220543
3B-1D	0.0159466
3B-7D	0.0150207

VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se evaluaron diferentes parámetros tanto fisiológicos de tres especies de mangle, como físico-químicos del suelo y agua presentes en una sección del sitio Ramsar 1602, que se consideraron de importancia para indicar si este sitio está siendo afectado.

De los resultados obtenidos destacan los de la caracterización estomática, en las tres especies, coincidiendo *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en sus hojas Hipoestomáticas, y *Laguncularia racemosa* presentando hojas Anfiestomáticas lo cual concuerda con lo reportado por Seshavatharam and Srivalli, (1989) al realizar una sistemática de la anatomía de varias especies del Indopacífico, destacan el hecho de presentan estomas más pequeños y numerosos en comparación con los de *Rhizophora mangle*; lo cual es coherente según lo mencionado por Cutler, *et al.* (1977) in Rodríguez-Rodríguez *et al.*, (2011), quienes mencionan que células más pequeñas mantienen mejor la turgencia que las de mayor tamaño.

Así mismo se encontrando diferencias en relación al tamaño (a pesar de no haber sido tomado en cuenta para este estudio), distribución en ambas superficie de la hoja y abundancia de los estomas y las células epidérmicas.

La caracterización de las hojas de las tres especies coincide con lo reportado por Rodríguez-Rodríguez *et al.*, (2011), al hacer una caracterización foliar en las mismas especies pero en manglares del Caribe Colombiano y bajo diferentes condiciones de salinidad.

En cuanto a la caracterización estomática, se obtuvo estomas de tipo paracítico en *Rhizophora mangle* y anomocítico para *Laguncularia racemosa*, estos resultados no pudieron ser discutidos con otros estudios ya que no se encontraron antecedentes.

Además, las características de los estomas (fenotipo) son afectadas por factores intrínsecos (genotipo), ambientales o su interacción, entre los que destacan el estado de desarrollo y localización de la hoja en la planta, nutrición, disponibilidad de agua durante el desarrollo, temperatura y concentración de CO₂ (Weyer y Meidner, 1990).

El índice estomático fue analizado únicamente en la superficie abaxial de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* ya que coincidieron en estomas y células epidérmicas únicamente en esta superficie; esta característica de la hoja también está influenciada por la especie vegetal además de las condiciones ambientales como, humedad, sequía, luminosidad y temperatura entre otras (Bethke y Drew, 1992; Salas *et al.*, 2001), el índice estomático presentó porcentajes máximos de 4.7 en *Laguncularia racemosa* para la temporada de

lluvia y un mínimo en *Rhizophora mangle* con 2.5 de estomas por cada 100 células epidérmicas de igual manera para la temporada de lluvia; con respecto a *Lumnitzera racemosa* los datos difirieron con los reportados por Seshavatharam and Srivalli, (1989) quienes obtuvieron valores mayores a los obtenido en este trabajo una media de 12 % para la superficie abaxial y 7.2 para la superficie adaxial.

De igual manera la densidad estomática fue analizada únicamente en la superficie abaxial de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* ya que coincidieron en estomas y células epidérmicas únicamente en esta superficie presentando una densidad máxima de 50 estomas por mm² para *Rhizophora mangle* en temporada de sequía y un mínimo de 20 estomas por mm² en *Laguncularia racemosa* para la temporada de lluvia; estos datos coinciden con los reportados por Rodríguez-Rodríguez *et al.*, (2011) quien realizó un estudio similar, sin embargo sus tratamientos fueron, niveles de salinidad y los que se tomaron en cuenta en este estudio fueron temporadas climática; a pesar lo mencionado anteriormente fue posible establecer una relación debido a que la media que obtuvo para densidad estomática en *Rhizophora mangle* en ambiente de salinidad similar al área de estudio tomada en cuenta en este trabajo fue de 42 estomas por mm² y para *Laguncularia racemosa* de 36; y en este estudio *Rhizophora mangle* obtuvo una densidad de 23 lo cual difiere con lo reportado por Bendana *et al.*, (2000) quienes hicieron una relación de densidad estomática bajo diferentes condiciones de luz para *Rhizophora mangle* encontrando 21 estomas por unidad de área en

condiciones de sol y 25 para sombra, cabe destacar que este estudio fue realizado en plántulas de esta especie; y la especie de *Laguncularia racemosa* presento 20 estomas por mm² (abaxial) lo cual difiere con lo reportado por Seshavatharam and Srivalli, (1989) quienes obtuvieron para *Lumnitzera racemosa* misma superficie 57 estomas por mm², cabe mencionar que a pesar de que los valores de densidad estomática variaron, surgió una constante entre el estudio realizado en la India por Seshavatharam and Srivalli, (1989) y el presente ya que en ambos la densidad fue mayor en la superficie abaxial. Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostro la misma tendencia para ambas temporadas climáticas, es decir, *Rhizophora mangle* presenta una mayor densidad estomática en comparación con *Laguncularia racemosa* y *Lumnitzera racemosa* en ambos estudios. Existe otro estudio realizado por Vales y Vilamajo, (1995) en los manglares de Majana, Cuba en el cual se reporta la densidad estomática total por especie, no por superficie de la hoja, en el cual nos dice que para *Laguncularia racemosa* encontraron 107 mientras que para *Rhizophora mangle* se reportan 70 estomas por mm², esto datos fueron comparados con los resultados aquí obtenidos mostrando que ambos estudios difieren, sin embargo existe la constante de que la especie de *Laguncularia racemosa* contiene mayor número de estomas por mm² en ambas temporadas climáticas. Cabe aclarar que en el trabajo realizado por Vales y Vilamajo, (1995) no se menciona la temporada climática en la cual fueron tomados los datos.

Además el valor promedio de estomas por mm^2 en la superficie abaxial *Laguncularia racemosa* no concordó con lo reportado por Leegod (1993), quien menciona que para plantas C_3 se tiene un rango que va desde 40 hasta 300 estomas por mm^2 y en el estudio realizado apenas llegó a 38 estomas, sin embargo no es una diferencia significativa, pero podría deberse a que a pesar de que las especies de mangle con C_3 , se encuentran sometidas a condiciones extremas de inundación y salinidad; para lo cual se puede mencionar que existen varios trabajos han mostrado la gran diversidad morfológica y funcional de los estomas y esas diferencias son aprovechadas por las plantas para adaptarse a diferentes factores ambientales (Willmer y Fricker, 1996; Franks y Farquhar, 2007); así como que la frecuencia o densidad estomática es muy sensible a las condiciones ambientales (Esau, 1977).

Royer (2000), menciona que al realizar un estudio de índice y densidad estomático en tres especies de mangle en obtuvo para el mes de marzo un notable incremento en la densidad estomática, mientras que en agosto, los valores fueron más bajos; en este estudio los niveles de densidad estomática fueron mayores en mayo con 50 y 38 estomas por mm^2 para *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* respectivamente, y con respecto al índice estomático los porcentajes presentaron el mismo comportamiento teniendo 3 y 3.5 % para *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* respectivamente, mientras que en el mes de noviembre tuvo valores más bajos.

Además en este estudio la relación de la densidad estomática por especies y por temporadas climáticas presenta diferencias entre la temporada de sequía y la temporada de lluvias, *Rhizophora mangle* presentó un aumento marcado de la densidad estomática de la temporada de lluvia en donde se presentó mayor salinidad con respecto a la temporada de sequía donde los niveles de salinidad fueron menores, mientras que *Laguncularia racemosa* incrementó levemente en la temporada de lluvia ante la temporada de sequía, esto concuerda con lo reportado por Royer (2000), donde se realizó igualmente la salinidad en ambas temporadas.

Así mismo, tanto la densidad estomática como el índice estomático son variables que están fuertemente influenciadas por la especie vegetal así como por condiciones salinas (Bethke y Drew, 1992; Salas *et al.*, 2001).

De acuerdo a los resultados obtenidos en los parámetros físico químicos observamos que en el estudio no encontramos diferencias significativas en parámetros como el pH, y sólidos disueltos, sin embargo si existieron diferencias significativas en cuanto a temperatura y salinidad lo que es importante debido a que coincide con lo que señala Flores-Verdugo *et. al.* (2007), en el sentido que la salinidad está asociada con la influencia de mareas y la cercanía del humedal al mar, presentándose una salinidad más alta en los manglares y disminuyendo en seguida en las demás comunidades del humedal (tular, popal, potrero inundable, lago interdunario y selva inundable). En este apartado observamos que las variaciones registradas con respecto a la salinidad es de 12.8 Ups en la

temporada de lluvia y de 17.5 Ups en la temporada de seca. En este mismo orden de ideas la temperatura registrada en los nuestra área de estudio nos muestra que la temperatura fue más baja en la temporada de lluvias, lo que concuerda con lo que señala Flores-Verdugo *et al.*, (2007), Quienes afirman que las variaciones de salinidad del 10 al 20 %; como las encontradas en nuestro estudio, favorecen el desarrollo del manglar y que la salinidad se incrementa de acuerdo a las mareas o como en este caso en los cuerpos de agua en temporada de sequía incrementado la concentración de sólidos como se muestra en la graficas 20 y 21 de temperatura y de concentración de sólidos; respectivamente. Es conveniente mencionar que nuestros resultados de sólidos disueltos solubles, difieren de los encontrados por Flores-Verdugo *et al.*, (2007), puesto que los valores en época de lluvia fueron mayores que en temporada de sequía para salinidad y solidos disueltos totales y pH, mostrando valores máximos para sólidos disueltos totales en temporada de lluvia de 40.8 g/l y mínimos de 23.8 g/l, al igual que para el pH donde sin embargo las diferencias son de 0.9 para lluvia con un pH máximo de 8.6 y un mínimo de 7.7 y de 0.5 para temporada de sequía con un pH de 7.1 como máximo y 6.6 como mínimo en suelo siendo ligeramente mayores las variaciones en el pH del agua. Con lo anterior observamos que las variaciones de temperatura, pH, Sólidos disueltos totales y Salinidad sirven de marco de referencia para entender el desarrollo que presentan el bosque de manglar en Tumilco, sustentado también por lo señalado por Agraz-Hernández (1999) quién realizó un experimento similar con *A. germinans*, relacionando el crecimiento del

mangle con él % de salinidad registrado, no encontrando variaciones mayores a las registradas en nuestro estudio.

En este trabajo se evaluó el contenido de clorofila en tres especies de mangle sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre ellas, lo cual coincide con lo mencionado por (Falqueto *et al.*, 2008) en donde se evaluó el contenido de clorofila en *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en condiciones de campo en el distrito de Vitoria, Espírito Santo, Brasil.

La comparación de medias de temperatura tuvo variaciones altamente significativas con respecto a las estaciones del año, por otra parte los niveles de clorofila con relación a estaciones del año y temperatura evaluada también fueron altamente significativos lo cual es de gran importancia ya que la determinación del contenido de clorofila en las hojas es usada para detectar o estudiar mutaciones, en situaciones de estrés abiótico y biótico.

Al determinar en qué época concentran mayor contenido de clorofila es posible determinar cuando los ecosistemas de manglar son más propensos a deficiencias que podrían provocar el deterioro o muerte de algunas especies de mangle, ya que por mencionar un ejemplo Imexcor.s.r.l. (2011), señala que en la síntesis de la clorofila está presente el nitrógeno, y la falta de este elemento significaría que la planta no realiza de manera adecuada la absorción de nutrientes, en algunas

ocasiones la pérdida de clorofila significa una evidente necrosis en las plantas o incluso la muerte.

Al conocer el contenidos de clorofila en las plantas es igual a determinar el nivel de nitrógeno, ya que el contenido de este elemento y la clorofila es proporcional dado que por una molécula de clorofila existen 4 átomos de nitrógeno como lo indica Burgos, (2012); además de que el hecho de que los aminoácidos estén constituidos por esqueletos carbonados y nitrógeno pone en evidencia la relación entre la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno (Pereyra, 2001).

La importancia de que los ecosistemas naturales tengan un buen contenido de nitrógeno ya sea de forma natural o por fertilizaciones orgánicas e inorgánicas se deriva de que se han mostrado importantes incrementos en la productividad de estos (Pereyra, 2001).

VII. CONCLUSIÓN

El tipo de hoja que presentaron *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* fue de tipo Hipoestomáticas, mientras que *Laguncularia racemosa* presento hojas Anfiestomáticas.

Se localizaron estomas y células epidérmicas en las hojas de las tres especies de mangle, sin embargo no en la misma superficie para todas, de igual forma se encontraron células excretoras en el peciolo de *Laguncularia racemosa* y en la parte abaxial de *Avicennia germinans*.

A pesar que para este estudio no fue considerado medir el tamaño de los estomas y las células epidérmicas, es visible que hay diferencia entre *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* siendo visiblemente más grandes en la primera especie y más pequeños en la segunda.

En cuanto al tipo de estomas, *Rhizophora mangle* presento parasíticos, *Laguncularia racemosa* anomocítico y *Avicennia germinans* debido a las características de su hoja no pudieron ser observados sus estomas de manera clara para determinar su tipología, sin embargo se ha descubierto que modificando técnicas ya establecidas, es posible observarlos, lo cual es importante para la realización de estudios posteriores.

Rhizophora mangle presento una mayor densidad estomática en comparación con *Laguncularia racemosa* en su parte abaxial y ambas especies tuvieron una mayor densidad en la temporada de sequía con respecto a la temporada de lluvia.

De manera general *Laguncularia racemosa* presenta mayor densidad estomática en comparación de *Rhizophora mangle* para ambas temporadas climáticas.

Rhizophora mangle presento un menor índice estomático en comparación con *Laguncularia racemosa* en su parte abaxial y ambas especies tuvieron un mayor índice en la temporada de lluvia con respecto a la temporada de sequía.

La comparación de medias de temperatura, solidos disueltos totales, salinidad y potencial de hidrogeno tuvieron variaciones significativas con respecto a los cuadrantes y en cuanto a temporadas climáticas de lluvias y sequías mostro diferencias notables, mas no significativas.

Los niveles de Clorofila con respecto a estaciones del año fue a la alza de invierno a verano, tornando una disminución tenue para primavera, existiendo diferencias significativas entre las tres especies de mangle por las cuatro estaciones y por piezómetros, específicamente 3B, 2B, 1D y 7D.

Los muestreos de suelo se realizaron a una profundidad aproximada de 30 a 50 cm y en un 90 % de estos se conto con el recurso hídrico para hacerlos, lo que nos señala que existe un gran contenido de agua libre dentro de los poros de la estructura del suelo, lo cual es de suma importancia ya que la forma en la que las plantas absorben los nutrientes es a partir de minerales y sales disueltas en el agua.

VIII. APLICACIÓN PRÁCTICA

El proyecto surge por la necesidad de contar con información de comportamiento fisiológico de los árboles de mangle en el área de Tumilco, en general los resultados obtenidos nos muestran información que es útil para:

Además servirá de base para futuros estudios morfológicos en las 3 especies de mangle que se encuentran establecidos en el área de Tumilco dado que contienen información de los parámetros físicos y químicos de la zona; tanto en suelo como del agua.

La información relacionada con el contenido de clorofila nos muestra el contenido de nitrógeno en las plantas ya que están estrechamente relacionados y por ende podemos determinar las épocas en que presenta mayor crecimiento vegetativo.

La prolongación de este tipo de estudios que proporcionen información sobre parámetros fisiológicos de las especies de mangle pueden ser la clave para evaluar detalladamente el desperfecto de la planta y así determinar cuáles son los agentes causales de dicho deterioro para prevenir la muerte o detrimento de los bosques de mangle.

Así mismo los datos obtenidos en este estudio puede ser el marco para poder comparar los parámetros fisiológicos y abióticos de este ecosistema con otros bosques de manglar y poder descubrir los valores óptimos en los que se desarrollan.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Agraz-Hernández, C. M. 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, p: 133.

Albanil, E. A., Pascual R, R. 2011. Reporte del clima en México 2011. Servicio meteorológico nacional y climatología.

Basáñez Muñoz, A, G. Olmedo Pérez y P. Rojas Mencion. 2006. Características estructurales y usos del manglar en el ejido Cerro de Tumilco, Tuxpan, Veracruz. México. Revista UDO Agrícola (6) 1 p:114-120.

Basáñez, A.J., J.L. Alanis y E. Badillo, 2008. "Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido el Remolino, Papantla, Veracruz". Avances de Investigación Agropecuaria. Universidad de Colima, 12 p: 3-22.

Bendana, A. , Lee, B., Peña, B., Vaida, G., Webber, A. 2000. Physiological Response of Red Mangrove Seedlings under Differing Light Regimes. Ponce de Leon Middle School.

Bethke, P. & Drew, M. 1992. Stomatal and nonstomatal components to inhibition and photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* L. during progressive exposure to NaCl salinity. *Pl. Physiol.* 99: 219-226.

Botello V. y L. Calva. 1998. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from Pueblo Viejo, Tamiahua, and Tampamachoco Lagoons in the Southern Gulf of Mexico. *Environmental Contamination and Toxicology.* 60. p: 96-103.

Burgos, J.J. 2012. Nitrógeno. Química en contexto. Ingeniería

Cintrón-Molero, G. and Schaeffer-Novelli, Y. 1992. Ecology and management of New World mangroves. In: SEELIGER, U. (ed), *Coastal Plant Communities of Latin America.* Academic Press, California, p: 233-258

Carmona-Díaz, G., J. E. Morales-Mávila y E. Rodríguez-Luna. 2004. Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. *Madera y Bosques* Número especial 2. p: 5-23.

Cintrón, G. M. e Y. Schaeffer N. 1992. Ecology and management of new world mangrove. In: U. Seeliger, ed. Coastal Plant in Latin America. Academic Press. San Diego. p: 233-258.

Citrón-Molero G. y Schaeffer-Novelli Y. 1985. Introducción a la Ecología del Manglar. Oficina regional de ciencias y tecnología de la organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la Cultura para América Latina y el Caribe – Rostlac, Montevideo.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., México. p: 71.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Manglares de México. CONABIO, México D.F. p: 38.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México D.F.

Constanza, R., R d'Arge, R. Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, y M. Van

den Belt. 1997. The Value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387. p: 253-260.

Cruz-Francisco, V. 2012. *Rhizophora mangle linnaeus*, 1753 como especie sombrilla y razón biológica para la protección y restauración de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista BIOCYT* es editada en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 5(18) p: 341-352.

Cruz- Lucas .M.A. 2010. Topografía y factores ambientales relacionados a las comunidades vegetales en un humedal. Tesis de maestría. Tuxpan, Veracruz.

Curtis H. y Barnes N.S. 2003. *Biología*. Editorial Médica Panamericana. España. p: 1491.

Cutler, D. 1977. *Plant Anatomy. Experiment and interpretation. Part I. Cells and tissues. Second edition.* Edward Arnold, London.

Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants.* John Wiley & Sons, Inc. New York.

Falqueto, A. R., Silva D. M., Fontes, R. V. 2008. DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO DE *Rhizophora mangle* E *Laguncularia racemosa* EM CONDIÇÕES DE CAMPO. *R. Árvore*, Viçosa-MG. 32. (3) p: 577-582.

FAO. 2007. The world's mangroves 1980-2005. p: 89.

Flores-Verdugo, F.J. C.M. Agraz-Hernández, E. Carrera-González y G. de la Fuente de León. 2007. In: Atlas de los ecosistemas de Sinaloa. Eds. Juan Luis Cifuentes Lemus y José Gaxiola López. El Colegio de Sinaloa. p: 481.

Franks, P.J., Farquhar, G.D. 2007. The mechanical Diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. Plant Physiology. 143 p: 78-87.

Foroughbakhch, P. R., Abimael E. Céspedes C., Marco A. Alvarado V., Adriana Núñez g., Mohammad H. Badii. 2004. Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el Golfo de México. Ciencia UANL / Vol. VII, no. 2, abril-junio.

Imexcor.s.r.l. (Imexcor.com.ar) Diseñado por: EstiloTit.com / 2011.
<http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm>

INE, Semanart, 2005. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. p: 21.

Instituto de Ecología. A. C. (INECOL). 1990. Estudios de ecología costera y determinación de zonas de preservación ecológica del corredor turístico Cancún- Tulum. Reporte técnico presentado a FIDECARIBE, Secretaria de Turismo, México. 90 + viip., 16 mapas.

INEGI. 2001. Cuaderno estadístico municipal. Tuxpan, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. p: 98.

Jiménez, J. A. 1994. Los manglares del Pacífico Centroamericano. Editorial Fundación UNA. Heredia, Costa Rica.

Kjerfve, B.; L. D de Lacerda; C. E. Rezende y A. R Coelho o. 1999. Hydrological and Hidrogeochemical variations in mangrove ecosystems. In: A. Yáñez A. y A.L. Lara D., eds. Ecosistemas de Manglar en América Tropical, Instituto de Ecología A. C. México. UICN/HORMA, Costa Rica. NOAA/NMFS Silver Spring, MD. EUA. p: 71-82.

Krause GH and Weiss E (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis; the basics. Ann. Rev. P.I Physiol. P.I Molec. Bio.l 42, p : 313-349.

Lacerda, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Álvarez-León, C. Alarcón & J. Polanía. 2001. American Mangroves, p. 1-62. In L.D. Lacerda (ed.). Mangrove ecosystem, function and management. Springer, Berlín, Alemania.

Lara-Domínguez, A. L.; J. López-Portillo; A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar Tuxpan, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Leegod, R.C. 1993. Carbon dioxide concentrating mechanisms. In: P.J. Lea and R.C. Leegod (Eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K. p: 42-72.

López, O. M., Pulido F. G., Serrano, S. A., Gaytan, O.J., Monks, O. W. y López, J. M.A. 2012. Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México.

Lot H, A.; C. Vázquez Y. y F.L. Menéndez. 1975. Physiognomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the Gulf Coast of Mexico. In: G.E. Walsh, S.C. Snedaker y H.T. Teas, eds. *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves Vol.1*. Universidad de Florida, Gainesville. p: 52-61.

Lugo, A. E. Y S. C. Snedaker.1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5.p: 39-64.

Mc Dermitt, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. HortSci. Alexandria, v. 25, n. 12, p: 1538-1548, 1990.

Mittermeier, R.A. y C. Goettsch de Mittermeier. 1992. La Importancia de la Diversidad Biológica de México. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). *México ante los Retos de la Biodiversidad*. National Commission for Biodiversity of México (Conabio). p: 63-73.

Miranda, F., 1958. "Estudio acerca de la vegetación de la península de Yucatán" En: Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Ed. Beltrán. E. publ. Inst. Méx. Nat. Renov., (2). p: 215-171.

Moreno-Casasola, P., J.L. Rojas-Galaviz, D. Zárate Lomelí, M.A. Ortiz-Pérez, A.L. Lara-Domínguez y T. Saavedra-Vázquez, 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y bisques*, 8(1) p: 61- 88.

Pereyra, C. R. 2001. Asimilación de nitrógeno en las plantas. Universidad de la Pampa. Facultad de Biología, p: 1-15.

R versión 2.10.1 (2009-12-14). Copyright (C) 2009 The R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0.

Rani Nishi, Shrivastava JP, Bajpai RK. Obsidian: a potential natural analogue for nuclear waste glass. *Current Science* 2010; (98),p: 950-954.

Rico G., V. 1981. *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro de las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41. p:163-165.

Rodríguez -Rodríguez, J.A., Mancera-Pineda, J.E; Melgarejo, L.M. 2011. Cambios en conductancia y morfología estomática en manglares del Caribe que habitan condiciones contrastantes de salinidad. Trabajo de Grado para optar al título de Bióloga. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.

Royer, D. L. 2000. Densidad estomática e índice estomático como indicadores de concentración de CO₂ paleo atmosférico. Departamento de geología y geofísica de la Universidad de Yale. *Review of Palaeobotany and Palynology* 114. p: 1-28.

Salas, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro* 13 (3).P: 99-104.

Salisbury, F. B.; Ross, C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Ed. Interamericana. USA. p: 275–290.

Salisbury, E.J., 1928. On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 216. p. 1-65.

Sánchez- Díaz y Aguirreolea. 1996. Relaciones hídricas. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talóm (eds.) Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Edigrafos. Madrid. P: 49-90.

Sánchez R., M. E. 1963. Datos relativos a los manglares de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias. Biol.* 12 (1-4) p: 61-72.

SEMARNAT, 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. *Diario Oficial*, Jueves 10 de abril de 2003. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, Jueves 30 de diciembre de 2010. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SESHAVATHARAM and SRIVALLI, M. 1989. Systematic leaf anatomy of some Indian mangroves. Department of Botany, Andhra University, Visakhapatnam 530 003, India.. Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.), (99), 6 Printed in India. p: 557-565.

Strasser R. J., Srivastava A. y Tsimilli Michael M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples.

Thom, B. G. 1967. Mangrove ecology and de deltaic geomorphology. Tabasco, México. Journal of Ecology 55. p: 301-347.

Tomlinson, P. B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press. Cambridge, England. p: 413.

Twilley, R. R. 1995. Properties of mangrove ecosystems in relation to the energy signature of coastal environments. En: C. A. S. May. (edJ Maximum

power. University of Columbia Press, Niwot, Colorado, pp. 43 - 62.

Vales, G. M. y Vilamajo, A. D. 1995. Relación entre anatomía foliar y ecología en tres formaciones vegetales cubanas. Fontqueria. (42) p: 114-126.

Vásquez, C.G. 2012. Efecto del derrame de hidrocarburos sobre una especie de mangle. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de México.

Vázquez Yañez, C. 1971. La vegetación de la Laguna de Mandinga, Veracruz. An. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. 42. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (1) p: 49-94.

Weyer, J., Meidner, H. 1990. Methods in stomatal research. Longman, Scientific & Technical. p: 223.

Willmer, C.M., Fricker, M.D. 1996. Stomata. Ed. 2. Chapman and Hall, London.

Wilkinson, H. 1979. The plant superface (mainly leaf). In Metcalfe y Chalk (eds). Anatomy of Dicotyledons. Oxford, Clarendon Press. London. p: 97–165.

Yáñez A., A.; A.L. Lara D.; J.L. Rojas G.; G.J. Villalobos; D. Zarate L. y P. Sánchez G. 1999. Integrated coastal zone management plan for términos lagoon, Campeche, México. In: H.Kumpf, K. Steidinger.

Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez. 1999. Ecological functional groups, seasonality, and biodiversity in Términos Lagoon a tropical estuary, Mexico. *Revista Mex. Hist. Nat.* Vol. 49 (en prensa).

Zola Báez, M. G. 1980. Estudio de la vegetación de los alrededores de Xalapa, Veracruz. B. S. Tesis. Universidad Veracruzana.