

Relaciones entre las  
concentraciones de azufre  
atmosférico y la calidad  
del manglar de  
Guayaquil – Ecuador

Olga Quevedo Pinos  
Proyecto FCI 0018 - Universidad de Guayaquil, 2016-2019.



# Relaciones entre las concentraciones de azufre atmosférico y la calidad del manglar de Guayaquil – Ecuador

Olga Quevedo Pinos

Relaciones entre las  
concentraciones de azufre  
atmosférico y la calidad  
del manglar de  
Guayaquil – Ecuador

© Olga Quevedo Pinos  
2021,  
Publicado por acuerdo con los autores.  
© 2021, Editorial Grupo Compás  
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometidos a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-353-7

Cita.

Quevedo, O. (2021). Relaciones entre las concentraciones de azufre atmosférico y la calidad del manglar de Guayaquil – Ecuador. Editorial Grupo Compás.

**Dedicatoria**

*A mis hijos Bily y Julián*

## **AGRADECIMIENTO**

Al Consejo Científico de la Facultad de Comunicación Social de la Universidad de Guayaquil.

A la Dra. Patricia Manzano Directora General del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) de la ESPOL.

Al Químico Vicente Noblecilla de la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guayaquil.

A las Dras. Julia Cerón, Griselda Cerón y Martha Uc Chi de la Universidad Autónoma del Carmen México.

Al Dr. Willan Revelo por su apoyo en las salidas de campo y la revisión de la tesis.

Al pasante de Ingeniería Química Walter Sierra.

Al Ec. Bladimir Jaramillo por su apoyo con los alumnos de la carrera de Diseño Gráfico, de la FACSO.

A la Dra. Fernanda Calderón por su apoyo en la elaboración de los mapas.

A la Subsecretaria de Transporte y Obras Públicas y Puertos Navieros.

A la Ing. Caroline Caicedo y el Personal de CONTECON S.A.- Puerto de Guayaquil.

Al CPTN. NV-EM Ing. Wilmer Suárez - Director de la Dirección Ambiental de la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos (DIRNEA).

Al Instituto Nacional de Pesca por facilitarme el acceso a los laboratorios.

A Don Pedro Lino, Bryan, Lino y Alfonso Lino, lancheros de las Fragatas.

Al Dr. Oscar Tinoco - tutor de tesis de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Al Ing. Perci López – Director laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## Índice

Presentación .....	8
Primeras observaciones en campo .....	12
Consecuencias de la polución.....	15
Islas Trinitaria, Santa Ana y Chupador Chico .....	17
Factores físicos de las islas, su aprovechamiento....	19
Meteorología - distribución de los vientos .....	20
Instrumentos legales, normas nacionales e internacionales .....	20
Diseño de la investigación .....	22
Muestreadores pasivos.....	23
Funcionalidad de las sales esenciales .....	31
Potasio, Magnesio, Manganeso Calcio y Sulfatos, presentes en las hojas de <i>r. Harrisonii</i> Leechman.	31
Discusión aspectos morfológicos.....	34
Estomas .....	34
Daño foliar y herbivoría .....	36
Factores meteorológicos y la polución por azufre en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> .....	39
Cargas críticas de azufre .....	48
Vientos.....	50
Conclusión general .....	51
Referencias.....	54

## **PRESENTACIÓN**

Los procesos de acidificación de los ecosistemas terrestres y acuáticos están estrechamente vinculados a lo que ocurre en la atmósfera, las lluvias y los vientos, depósitos secos que se traducen en dos momentos, la época seca y lluviosa que arrastran todo hasta el suelo o el agua.

En el suelo/zona intermareal los fenómenos físicos de la percolación, lixiviación y meteorización reflejan la calidad de estos y su aprovechamiento industrial como la producción acuícola, piscícola y agrícola, entre otras; que en la actualidad necesitan ser atendidas por parte de los gobiernos, ya que se compromete a la seguridad alimentaria del país.

Una apreciación más detallada se describe sobre la problemática que refleja la Agencia Ambiental Europea en Francia, por ejemplo el 33 % del depósito de azufre y el 62 % del total de depósito de nitrógeno proceden de fuentes internas del país; el 30 % del azufre y el 15 % del total de nitrógeno proceden de países vecinos, como Alemania, España y Reino Unido; y los restantes 37 % y 23 %, respectivamente, de zonas más alejadas (Agencia Europea del Medio Ambiente AEMA 2019).

El Puerto de Guayaquil se encuentra dentro de la entrada más prominente del Pacífico Sud Este, el Golfo de Guayaquil, soporta un tránsito naviero diario de 10 a 12 barcos, (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2011) y representan el

34% de los 4801 barcos que entraron y salieron en el 2013 de los puertos del país.

Por primera ocasión se analiza la polución en el Puerto de Guayaquil, donde el azufre es el precursor de SO<sub>2</sub>, bajo la premisa que en forma de gas secundario afecta al manglar que está rodeando los Puertos de Guayaquil, y se contrasta con un control o blanco, “Isla Chupador Chico”, ubicada en el estuario interior del Golfo de Guayaquil.

Respecto a las emisiones de gases producidos por la actividad naviera y cómo influye en la calidad del aire ambiente, no se ha reportado, ni están regulados por las autoridades ambientales del Ecuador, las normas para concentraciones de SO<sub>2</sub> para un año están reportadas por la Organización Mundial de la Salud, (2004) como de 80<sup>6</sup> ug /mg<sup>3</sup>. de óxido de azufre.

La calidad del aire en los puertos navieros es de interés global, estudios realizados por Scheren *et al*, (2002) demuestran que las concentraciones de SO<sub>2</sub> son de origen regional, y que estas sobrepasan los umbrales críticos para bosques y zonas urbanas, en América Latina escasamente se reportan estudios sobre esta temática y no se han empleado valores para la determinación de umbrales críticos de azufre para bosques o zonas urbanas.

El concepto de cargas críticas contaminantes, fue aplicado por primera vez en 1983 dentro de las discusiones sobre la reducción de las emisiones de gases contaminantes ácidos a la atmosfera. Además se reconocieron que estos factores estaban incidiendo en la decoloración, defoliación y pérdida

de productividad en los sistemas forestales en los países Escandinavos, Canadá y USA, junto a la aparición de cantidades importantes de aluminio en la disolución de los suelos que a su vez estaban inducidos por los aportes de lluvia, nieve o deposición seca ácida, (Macías, Camps, Rodríguez & Modroño, 2002).

El ecosistema predominante en el Golfo de Guayaquil es el manglar, y es un recurso estratégico para la seguridad alimentaria y dinamizador de la economía ecuatoriana. Las emisiones de gases provenientes de la actividad naviera pueden influir en la calidad de vida de los manglares y su funcionalidad, se identificaron las concentraciones de proteínas y clorofilas presentes en *R. harrisonii* Leechman, tanto para época seca como para época lluviosa.

La funcionalidad de *R. harrisonii* Leechman está vinculada a elementos que pueden ser referidos como bioindicadores tales como los pigmentos fotosintéticos y las proteínas solubles, información que se contrastó con los resultados de las pruebas de laboratorio, aplicadas a las concentraciones de los elementos minerales contenidas en las hojas de manglar, la apertura estomática y como se distribuye el óxido de azufre entre las islas Chupador Chico e Isla Trinitaria.

Cerón, *et al.*,( 2009), refiere los daños provocados a la vegetación de manglar en la zona costera del Estado de Campeche, la cual fue sometida de manera experimental a diversos rangos de concentraciones de SO<sub>2</sub> atomizado, demostrando

que las concentraciones de proteínas-clorofila disminuyeron significativamente.

Se utilizaron muestreadores pasivos (Fenn y Bytnerowicz, 1997) para cuantificar las tasas de depósito atmosférico en ecosistemas de bosques mediante el uso de resinas de intercambio iónico, a partir de lo que se determinó que las concentraciones de las medianas de SO<sub>2</sub> son similares en los 19 sitios donde estos fueron colocados, de acuerdo con Cerón, *et al.*, (2016) los aportes del ión azufre no sólo son locales, sino que provienen de otras regiones, lo que provoca el aumento del mismo localmente determinándose cargas críticas promedio de 3.35748 kg S ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> valor que supera las cargas críticas definidas para áreas muy sensibles y bosques naturales, 2 y 5 kg S ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Grennfelt y Nilsson, 1988).

Se utilizó Photoshop para la determinación del porcentaje de daño que presentaron las hojas de manglar, las cuales no solo están afectadas por la lluvia ácida, sino también por un insecto de la familia Geometridae que se observó durante la época seca.

Las concentraciones de azufre en las zonas de estudio se reflejan mediante Kriging como modelo de variograma esférico además de haber utilizado la rosa de los vientos, la cual fue alimentada con datos obtenidos a la fecha de la Organización Nacional de Ambiente y Atmosfera (NOAA), organización que recepta y actualiza los parámetros atmosféricos del Ecuador, a partir de esto se determinó que las concentraciones de SO<sub>2</sub> se trasladan en dirección suroeste, es decir ingresan a la ciudad de Guayaquil.

## **Primeras observaciones en campo**

Las múltiples salidas de campo realizadas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador 1999 - 2012, estuvieron acompañadas de la satisfacción de visitar áreas protegidas con ecosistemas de manglar que se observaban sanos, ya sea por su composición florística, los flujos de marea que realizan sus recorridos completos dentro de los esteros o la riqueza faunística que lo integran. Dentro de estas visitas la que más impresiona los sentidos y motivó esta investigación fue la evaluación a la reforestación de manglar asignada en el 2010, dentro del Golfo de Guayaquil, para ser precisa la concesión de manglar “Rio de Aguas Vivas” dentro del Cantón Guayaquil.

La salida de campo fue desarrollada junto a pescadores beneficiarios de la concesión, con el respectivo resguardo policial, ésta se encontraba afectada por la industria camaronera en la época de los 70's, en pleno boom camaronero y ahora había sido asignada para el proceso de reforestación de manglar. La exploración dentro de las franjas de manglar, casi a gatas provocó que la ropa color kaki del uniforme de campo, adquiría un color negro, el cual sacudí y difícilmente salía el hollín que se había impregnado en la ropa, la gorra blanca estaba negra, el análisis a partir de la observación de lo que ocurría en las hojas de los árboles, permitieron palpar una sustancia aceitosa pegajosa color negruzco, producida por el humo de los barcos de carga que pasan a pocos metros de la mencionada concesión, estos barcos se dirigen a los distintos muelles del Puerto de Guayaquil (Figura 1).



*Figura 1. Barcos del Puerto de Guayaquil frente al área de estudio.  
Fuente: Quevedo, O. (2018).*

De acuerdo a lo identificado por el Ministerio del Ambiente, (2012), el ecosistema de manglar del Golfo de Guayaquil está en franco proceso de deterioro, por las actividades antrópicas como el desfogue de aguas servidas, el cierre de esteros, los rellenos, infraestructuras navieras, industriales, entre otros. Estos no son los únicos factores que afectan al manglar, existen otros silenciosos que habitualmente no estamos acostumbrados a observar, como los insectos, y arácnidos que motivan a ser analizados dentro de la cadena trófica o se han convertido en individuos que aprovechan las condiciones ambientales para convertirse en plagas.

La funcionalidad de los manglares en el Ecuador está estrechamente vinculada con el equilibrio necesario para cumplir con los servicios ambientales, por la importancia que representan para la seguridad alimentaria del Ecuador, reflejada en el acceso a los recursos icticos, el transporte acuático para el traslado de embarcaciones, el disfrute de las zonas acuáticas, retención de sedimentos,

barrera contra tsunamis, purificación del agua, entre otras.

Lograr la calidad funcional de los manglares no es una política pública ecuatoriana que este sustentada en la conservación de los bosques de manglar, mediante los Registros Oficiales que aseguran legalmente su existencia, así como la restauración y reforestación de manglar según el Decreto 1391- 315 (Octubre 15 de 2008), o el programa socio manglar (Acuerdo Ministerial 198 del 09 de julio de 2014), pero no se ha trabajado en procesos que investiguen como ralentiza su declinación y verdadera recuperación.

La distribución de los manglares es desde la zona continental hasta la intermareal, está vinculada con el tipo de sedimentación y las concentraciones de sal, (Schaffer- Novelli, *et al.*,1990), se consideran a las salinas como elementos de conectividad de los manglares y la tierra firme o de agua dulce, estas han sido ocupadas por la expansión urbana, la industria camaronera, y los puertos (CLIRSEN,2007).

Estudios sustentados sobre la calidad del agua en el estuario interior del Golfo de Guayaquil han merecido la atención por parte de la academia, las consultoras, las instituciones de investigación pública, y no gubernamentales, y las comunidades mediante sus juntas de manejo participativo COOTAD, (2010).

## **Consecuencias de la polución**

Los contaminantes emitidos pueden dispersarse por la atmósfera, transformarse en otros contaminantes secundarios, depositarse o ser absorbidos por los seres vivos y ser reconocidos como: flujos secos ó húmedos, y cargas críticas. Los receptores de los contaminantes, que los almacenan o los eliminan, se conocen también como sumideros. Si el nivel de inmisión no supera ciertos límites, estos sumideros pueden contribuir a la autodepuración atmosférica (Gallego, *et al.*, 2012).

Las interacciones entre los contaminantes atmosféricos son elementos que escasamente se han monitoreado en el Ecuador, (Cerón, 2010) realizó estudios sobre las concentraciones de azufre y como estos inciden en *R. harrisonii* Leechman. (manglar rojo) en la Isla del Carmen – Campeche.

Los efectos de la lluvia ácida o en ingles *SAR (Solution Acid Raining)* sobre los niveles de pigmentos fotosintéticos han sido relacionadas para los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la vegetación, los contaminantes como el  $\text{SO}_2\text{O}_3$  y la lluvia ácida inducen a la formación de radicales libres en la célula, la acumulación de los radicales excede la capacidad de detoxificación de la planta, en los sistemas de pigmento – proteínas donde sus ratios relativos casi pueden ser afectados.

Un decrecimiento en la clorofila a/b, la ratio es un buen indicador de daños por fotooxidación, desde la función de la protección ofrecida por los carotenoides sobre la clorofila, un decrecimiento en el contenido de ellos puede ser usado como un indicador de los pigmentos directos de foto oxidación, Cerón, *et al.*,(2009).

Los ácidos y los gases acidificantes (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>) pueden afectar de forma directa en la cobertura aérea de la vegetación causando necrosis en las hojas y tejidos reproductores, pérdida de nutrientes foliares, etc., que producen debilitamiento de la planta, pérdida de frutos, descenso de la productividad, etc., pero que raramente originan la muerte de la planta, pues es difícil que se mantengan concentraciones elevadas durante mucho tiempo, (Macías *et al.*,2003).

Por las estomas penetran un sinnúmero de elementos atmosféricos, producto de la reacción de hidrocarburos con el agua, formando ozónidos que se descomponen formando agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) alterando el funcionamiento celular. Las células epidérmicas, en especial las oclusivas, toman grandes cantidades de agua, mientras que las mesofilicas se deshidratan. Las hojas se hacen quebradizas y desarrollan manchas cloróticas. Un importante contaminante, el anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), solo o junto con el ozono, causa clorosis y enanismo de árboles (Esau, *et al.*, 2008).

Se encontraron daños visibles severos en forma de clorosis y necrosis, cuando se roció SO<sub>2</sub> con valores más bajos de pH, e incluso los valores de nutrientes mostraron cambios después de las exposiciones en mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle rojo (*R. harrisonii* Leechman. ), y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), Cerón *et al.*,(2016), concluyendo que la exposición a

mayores concentraciones de SO<sub>2</sub>, mayor pérdida de clorofila, junto al incremento en los niveles de proteínas solubles, explica que las plantas tienen capacidad de metabolizar este compuesto.

### Islas Trinitaria, Santa Ana y Chupador Chico

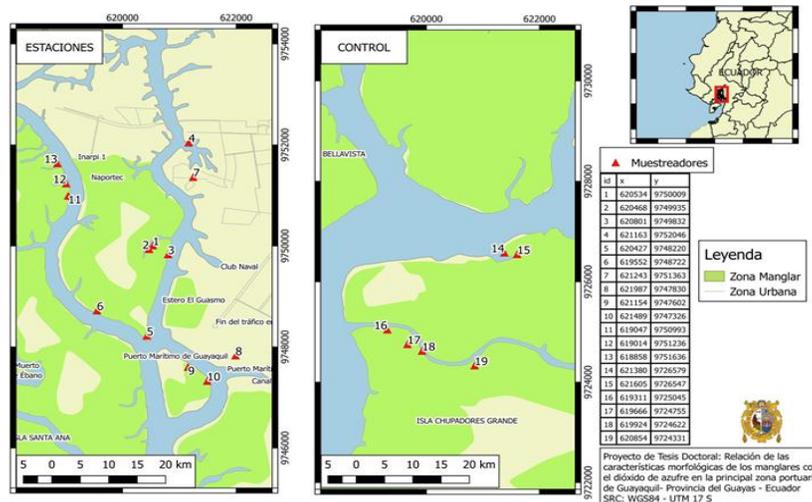


Figura 2. Puntos de muestreo de azufre en la Isla Trinitaria entre los Puertos de Guayaquil y Trinipuerto, e Isla Chupador Chico en el Interior del Golfo de Guayaquil. Fuente: Quevedo, O. (2018).

Los sitios de estudio considerados para la investigación fueron escogidos a partir de sus características ecológicas, de acuerdo con (MAE,2012), la Isla Trinitaria es un sitio que es parte de la Reserva de Producción Faunística Manglares del Salado (Acuerdo Ministerial No.286 de septiembre 24 de 2010) la cual se auto-

regeneró, donde se determinó solo la presencia *R. harrisonii* Leechman. (mangle rojo), (Figura 2), sus árboles no superan los 12 m de alto, la isla tiene un estero que se adentra aproximadamente 1 km, frente al estero se encuentra la Base Naval Sur del Ecuador, en este sitio los pescadores lo denominan El Conchal, cuando la marea baja, en el suelo afloran las valvas de los ostiones que han compactado el mismo, por este sitio se puede caminar sin riesgo de hundirse durante la marea baja (Figura 3 y 4); la isla está delimitada por un parque perteneciente al barrio “La Trinitaria”. La parte oeste de la Isla se encuentra en la Vía Marítima hacia Trinipuerto (INARPI S.A.) frente a la Isla Santa Ana, el punto seleccionado para la investigación se determinó en un estero “Limón” en alusión al color de los árboles de manglar que cambian su color a un verde amarillado, en este sitio se puede observar el tránsito de buques de alto calado.



*Figura 3. Isla Trinitaria caminando sobre “el conchal”, durante la marea baja Quevedo O. (2018).*

La Isla Chupador Chico es uno de los sitios de donde se saca la mayor cantidad de cangrejos (Zambrano y Meiners, 2018), este sitio tiene la figura legal de concesión de manglar, la más grande del Ecuador,

15.337,99 has aproximadamente, los manglares de esta isla están catalogados como los más altos del estuario interior del Golfo de Guayaquil, en este sitio los árboles de *R. harrisonii* Leechman alcanzan los 30 metros de alto. La Isla Chupador Chico es parte de los Humedales Interiores del Golfo de Guayaquil “Don Goyo”, declarado en el 2010 (Carvajal et al., 2012), este sitio se lo va a considerar como el blanco o control para el estudio.

### **Factores físicos de las islas, su aprovechamiento**

Chavarría, (1988) señala que las mareas del golfo presentan dos pleamares y dos bajamares en un tiempo de 24.8 horas. El rango de la marea cambia entre 1.5 m. cuadratura a 2.3 m. en sicigia y en el estuario interior, cerca de la ciudad de Guayaquil, el rango está entre 2.9 m. en cuadratura y 4.0 en sicigia. La onda de marea recorre aproximadamente, entre 130 y 70 km. a lo largo del río Guayas y el Estero Salado, los rangos de salinidad en la época lluviosa entre 0.0 y 10.0 ppt en el reflujó, y en época seca en el flujo varía entre 10 ppt y 33.0 ppt.; (INOCAR-VUB, 1997).

Según Puertos de América Latina, (2010), se registraron 802 naves que ingresaron, y 754 *c.a.*, que salieron con cargas de 300 a 700 contenedores, de 20 a 40 pies del Puerto de Guayaquil, Instituto de Estadísticas y Censos (INEC 2013). La afectación por el tránsito naviero, ni sus efluentes líquidos y gaseosos, generados por el manejo de las actividades de embarque y desembarque y de los productos que se receptan, no han sido reportados ni relacionados como grados de afectación a la salud del ecosistema de manglar.

## **Meteorología - Distribución de los vientos**

La intensidad lumínica es de 12 horas diarias, correspondiendo las más intensas desde las 10h00 hasta las 15h00, la temperatura promedio es de 28°C en época seca y durante la época lluviosa 35° C acompañada de una humedad relativa del 80% con lluvias promedio de 800 y 1500 mm solo para Guayaquil. Los datos más extremos para la época seca se registran con valores mínimos a los 200 mm (INAMHI, 2017).

Los vientos alisios son los elementos considerados determinantes como aportes a las variables de las concentraciones de SO<sub>2</sub>, (Balsano, *et al.*, 2014), y en las épocas en que estos se presentan, por lo que se plantea la hipótesis de cómo influyen estos en la distribución del SO<sub>2</sub> en la ciudad de Guayaquil.

## **Instrumentos legales, normas nacionales e internacionales**

Para un elemento contaminante, la tasa sostenible de emisión no debe ser mayor que la tasa a la cual el elemento contaminante pueda ser absorbido, reciclado o esterilizado por el medio ambiente. La cantidad de cada contaminante vertida a la atmósfera en un periodo de tiempo determinado se conoce como nivel de emisión. La inmisión es la transferencia de contaminantes del aire desde la atmósfera libre a un receptor tal como un ser humano, planta o edificio, en un tiempo determinado, (Nevers 2012).

La norma ecuatoriana en el Anexo 4 “de la calidad del aire” Libro IV del Texto Unificado de Ley Secundaria Medio Ambiental (TULSMA, 2011), establece que el promedio aritmético de la concentración de  $\text{SO}_2$  determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ( $80 \text{ ug/m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder de  $350 \text{ ug/m}^3$  más de una vez al año. Para un periodo de 24 horas se considera como alerta a  $800 \text{ ug/m}^3$ , alarma  $1600 \text{ ug/m}^3$  y emergencia a  $2100 \text{ ug/m}^3$ , en temperaturas de  $25^\circ\text{C}$  y  $760 \text{ mm. Hg}$ .

Las cargas críticas han sido estimadas en varias regiones del mundo debido a la problemática ambiental y los daños persistentes a los ecosistemas. En Europa, una carga crítica de azufre de  $3 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  ha sido propuesta para áreas muy sensibles, mientras que para bosques naturales se ha propuesto un rango entre 2 y  $5 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Grennfelt y Nilsson, 1988).

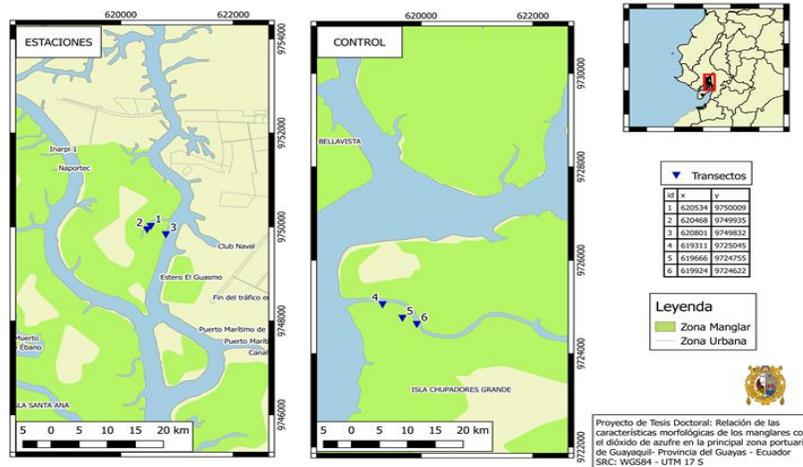


Figura 4. Sitio de colectas de hojas de *R. harrisonii* Leechman., en las Islas Trinitaria y Chupador Chico. Fuente: Quevedo, O. 2018

Valores para cargas críticas en el Ecuador no existen, los primeros estudios reportados a partir del protocolo de

Oslo para el control de las emisiones de gases contaminantes para a la atmosfera Eyring *et al*, (2009), propiciaron que se desarrollen estudios sobre cargas críticas para los países nórdicos en la década de los 90, en las Américas este método se aplica actualmente en México.

### **Diseño de la investigación**

La aleatorización fue el fundamento estadístico que promovió la colocación de tres transectos de 100.00 m. x 0,50m. a lo largo de los meandros o sinuosidades de los esteros: El Limonal y El Conchal en la Isla Trinitaria seleccionados para el estudio, por donde recorren los barcos, tanto en la zona principal del Puerto de Guayaquil que tiene especies de mangle, al igual que en la zona de control en la Isla “Chupadores Chico” en la comunidad de Cerrito de Los Morreños.

Las muestras colectadas se replicaron durante cuatro meses de estudio, durante la época seca y lluviosa, tanto para las hojas como para los muestreadores, en total se colectaron 740 hojas para medir sales, densidad estomática, pH, pigmentos fotosintéticos y proteínas, se obtuvieron 76 muestras o flujos de azufre, con el fin de que estas sustenten estadísticamente una proporción adecuada de muestras que permitan sacar una media, y el efecto medio de un factor muestral o categórico durante la toma de información.

A partir de la categorización de los datos se demuestra la normalidad de estos, utilizando el test de Shapiro - Wilks, posteriormente se aplica Anova Simple de una vía para

demostrar las semejanzas o diferencias entre elementos o muestras de más de un factor o bloque, a partir de la significancia de sus medianas. La variable cualitativa se denomina factor, ya que permite categorizar a los grupos o tratamientos, y los niveles del factor serán el número de tratamientos o grupos. La prueba de Kruskal -Walis permite decidir si se acepta o no la hipótesis en la que se pretende demostrar la igualdad de muestras independientes que provienen de un bloque o factor.

### **Muestreadores pasivos**

Se colocaron un total de 19 muestreadores pasivos (Figura 5) (colectores o trampas Throughfall) en las inmediaciones del Puerto de Guayaquil, Isla Trinitaria e Isla Santa Ana en la comunidad de Cerrito de Los Morreños y en la Isla Chupador Chico, durante cuatro meses de 2016 (noviembre – diciembre), época seca y 2017 (enero - febrero) época lluviosa, los colectores o trampas Throughfall desarrolladas por (Fenn, *et al.*, 2009) y tomando las referencias de los trabajos realizados por Fenn *et al.*, (2002) Cerón *et al.*; (2016) y Aragón *et al.*, (2010), respecto a las deposiciones de sulfatos, se componen de solutos recogidos en la deposición húmeda bajo el bosque; este método es ampliamente utilizado para estimar la deposición atmosférica en los ecosistemas, ya que incluye tanto, la deposición húmeda y seca; estos colectores constituyen una buena opción para obtener una estimación fiable de N y S aportes atmosféricos en un ecosistema determinado González, (2013).



Figura 5. Muestreadores pasivos colocados en los árboles de manglar de las Islas Santa Ana, Trinitaria, Chupador Chico y en la Comunidad de Cerrito de Los Morreños. Fuente: Quevedo O. (2018)

Los muestreados pasivos son un equipo construido con tubos de PVC, se arman colocando en la parte superior un embudo, cuyo diámetro es de 23 cm, y un radio de 11.5 cm conectado al tubo de 18 cm donde se ha colocado de manera previa un lecho mixto de resina de intercambio iónico marca amberlite IRN150 (30 g), aislada con tapones de lana de vidrio que hacen las veces de filtros en los extremos del tubo; el cual tiene una válvula que permanece abierta durante el tiempo de exposición en campo, 30 días máximo, lo cual se procede a cambiar para un periodo similar de 30 días más, tanto para época seca como lluviosa.

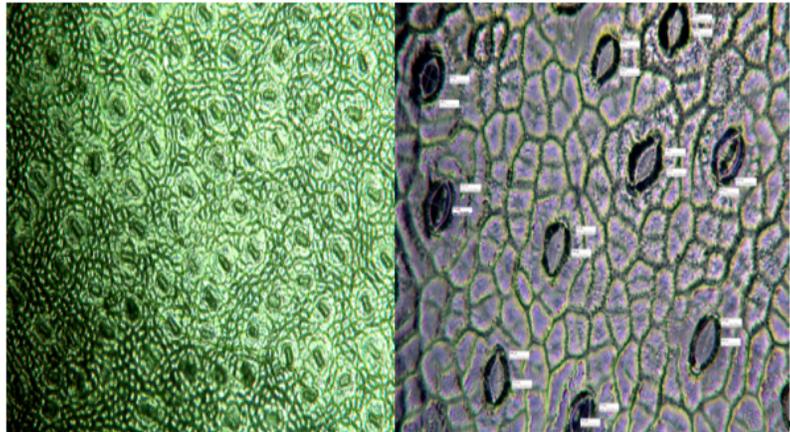
Los flujos de azufre se determinaron a través de la Norma Mexicana NMX-AA-074-1981 “Análisis de Agua – Determinación del Ion Sulfato”, el método de análisis para determinar concentraciones de azufre.

Las proteínas se determinaron a través del método de Bradfor (Moreno, Crespo y Melgarejo, 2010) y las clorofilas mediante el método de la acetona al 80% colocar fuentes, con los siguientes espectros de onda: 663, 646, 470, 430 y 665 nm., y finalmente, las clorofilas

fueron cuantificadas por unidad de masa usando las ecuaciones Lichtenthaler HK, 1987.

En las hojas de manglar se determinaron las siguientes sales: Ca, Mg, Mn, K y iones de sulfatos por absorción atómica por la técnica de flama y determinación de sulfatos por UV-visible.

La densidad estomática consistió en sacar improntas de los estomas desde las hojas y llevarlas a observación microscópica para medir la apertura, fotografiar (Figura 6) y contabilizar los mismos, El índice estomático (IE) se calculó de acuerdo a (Wilkinson, 1979).



*Figura 6. Epidermis (izquierda) y apertura estomática (derecha) en las hojas de R. harrisonii* Leechman. , 10 X y 20 X. Fuente: Quevedo, O. (2018).

El pH de las hojas se trabajó con las muestras frescas, secadas y trituradas, tanto para la época seca y lluviosa de cada uno de los transectos; así como el uso del software Adobe Photoshop Extender para el cálculo de daños en las hojas afectadas por clorosis y necrosis (Figura 7), lo cual se calculó como porcentaje de daño y la superficie foliar.

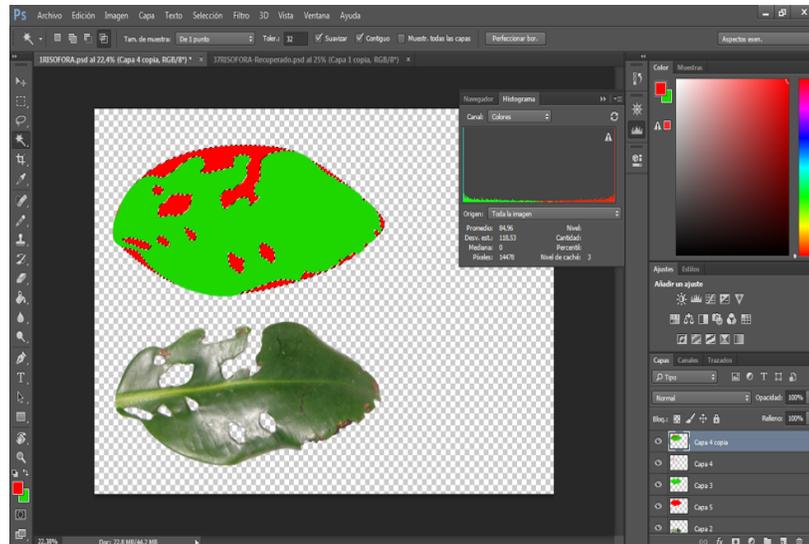


Figura 7. Procesamiento de daños en las hojas con el programa Photoshop. Fuente: Quevedo, O. (2018).

## **Resultados y discusión**

### **Aspectos funcionales a partir de los pigmentos fotosintéticos:**

Es la primera vez que se obtienen valores sobre las concentraciones de los pigmentos fotosintéticos de *R. harrisonii* Leechman, razón por la cual no se tienen un patrón referente respecto a cuál es el valor ideal, lo que se observa es que las concentraciones en la Isla Chupador Chico son más bajas en relación a la Isla Trinitaria y Santa Ana que de aquí en adelante éstas serán llamadas como una sola “Isla Trinitaria” por su cercanía y niveles de tránsito naviero.

La función de protección del complejo proteína – pigmento y de los cloroplastos frente a la oxidación, es desempeñada por los carotenoides en general (Siefermann, 1990 en Cerón *et al.*, 2016). Las tres especies de manglar estudiadas por (Cerón 2009): *Conocarpus erectus*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, presentaron una disminución en el contenido de carotenoides conforme aumenta las concentraciones de SO<sub>2</sub>.

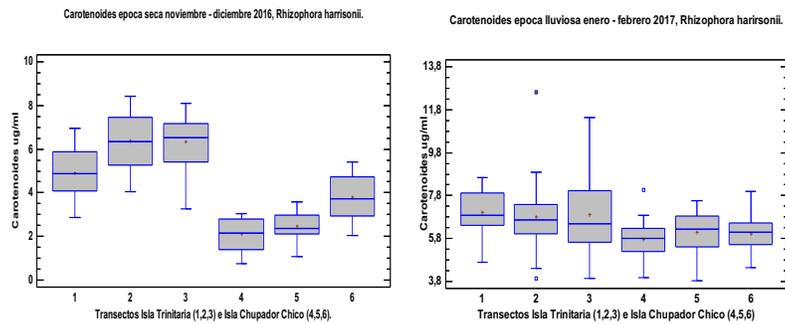


Figura 8. Concentraciones de carotenoides por época seca y lluviosa en las Isla Trinitaria y Chupador Chico.

Las concentraciones de carotenoides (Figura 8) durante la época lluviosa presentan valores homogéneos en sus medianas los que varían entre rangos de 6,9 – 7,3 ug/ml, pero para la época seca estos valores cambian drásticamente entre sitios, siendo 2,3 – 4,0 ug/ml el valor más conservador para la Isla Chupador Chico y 5 – 6,4 ug/ml para la Isla Trinitaria.

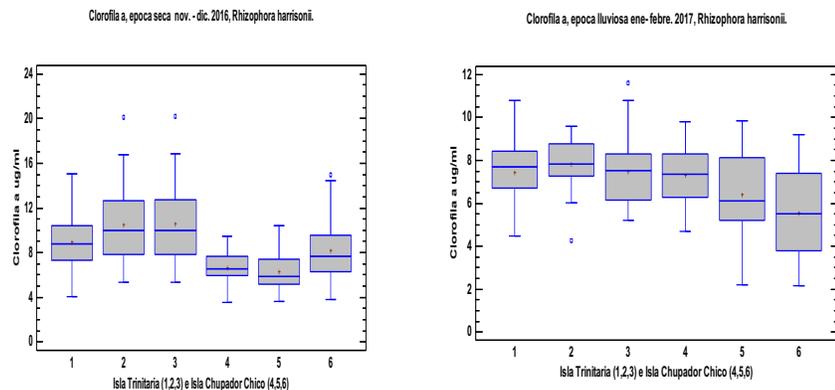


Figura 9. Concentraciones de Clorofila a, época seca y lluviosa. Fuente: Quevedo, O. (2018)

Los valores de Clorofila “a” (Figura 9) para la Isla Trinitaria y Chupador Chico durante la época lluviosa presentan diferencias de 2,34 ug/ml, y en la época seca esta diferencia se acrecienta a 3,87 ug/ml entre sitios. Las concentraciones se presentan con valores inferiores para la Isla Chupador Chico tanto en la época seca como para la época lluviosa. Datos obtenidos por (Kondo y Sugahara, 1978), descubrieron que la acción del SO<sub>2</sub> por fumigación en plantas actúa bajando el pH, se sabe que este efecto causa la interrupción de la clorofila y es conducida por la acidificación.

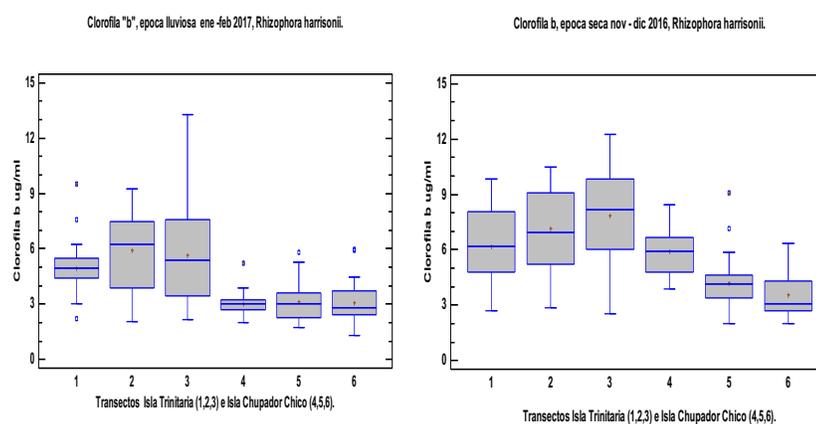


Figura 10. Concentraciones de Clorofila b, durante las épocas seca y lluviosa. Fuente: Quevedo, O. (2018).

Las concentraciones de Clorofila b (Figura 10) durante la época lluviosa son inferiores 3,00 – 5,90 ug/ml en comparación con la época seca 3,57 – 7,83 ug/ml, los valores de la clorofila b en el transecto 3 son superiores tanto para la época seca como la lluviosa, los valores en la

Isla Chupador Chico siempre son inferiores en las dos temporadas.

Respecto a las proteínas, (Figura 11) en *Rhizophora harrisonii* sus concentraciones se presentaron aparentemente homogéneas durante la época seca, con valores mínimos de 46,88 y máximos de 57,73 ug/ml, sin diferencias significativas entre las Islas; este comportamiento puede deberse a los aerosoles de depósito seco, que se distribuyen de manera homogénea, a diferencia de la época lluviosa que presenta concentraciones medias superiores a los 80 ug/ml en la Isla Trinitaria, frente a 45 ug/ml en la Isla Chupador Chico, si bien este estudio no es experimental, lo que se puede considerar que está ocurriendo es que los procesos de acidificación generados durante la época lluviosa podrían motivar a la producción de proteínas como mecanismo de defensa, es notable observar que las concentraciones de proteínas en la Isla Chupador Chico son similares en las dos épocas, pero sus concentraciones son bajas en relación a los demás transectos de la Isla Trinitaria.

Las distancias entre los sitios de estudio son de aproximadamente 30 km, lo que significa que las proteínas se incrementan frente a los procesos de acidificación que pudieran estar presentándose con mayor incidencia sobre la Isla Trinitaria que en la Isla Chupador Chico.

..

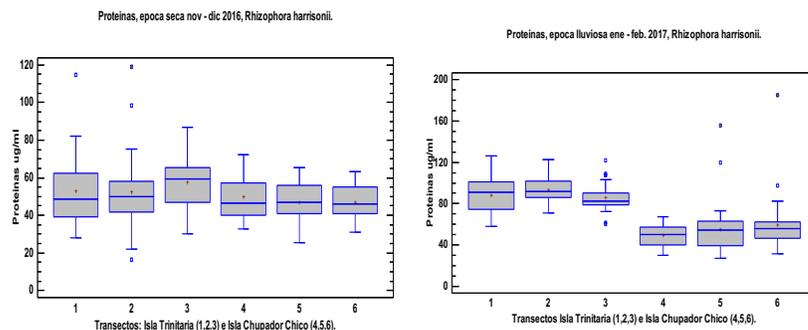


Figura 11. Concentraciones de Proteínas durante dos épocas seca y lluviosa. Fuente: Quevedo, O. (2018)

## Funcionalidad de las sales esenciales

### Potasio, Magnesio, Manganeso Calcio y Sulfatos, presentes en las hojas de *R. harrisonii* Leechman.

El Contenido de Potasio (K<sup>+</sup>) en las hojas disminuyó significativamente para todos los tratamientos de acidez, el K<sup>+</sup> tiende a disminuir en la medida que disminuye el pH (Cerón *et al.*, 2016). El intercambio de iones de H<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> ocurre durante la precipitación y fueron reportados en el dosel de los bosques por Schaefer y Olson, (1988), Hambuckers y Remacle, (1993), para el caso de *R. harrisonii* Leechman el K<sup>+</sup> refleja diferencias significativas en sus medianas con valores mas bajos en la época lluviosa.

Las medianas para el K<sup>+</sup> variaron entre sitios de estudio durante la época lluviosa, siendo la (Ho) verdadera lo que

está relacionado con la apertura de las células guardas de los estomas  $6.98E+05$  y  $2.192E-14$  *um* respectivamente, función fisiológica que depende estrictamente de este ión. Durante la época seca la hipótesis nula ( $H_0$ ) es falsa, aceptándose la hipótesis alterna de que todas las concentraciones entre sitios son similares.

Parker, (1983) demostró que el Sodio (Na) y Magnesio ( $Mg^{2+}$ ) comúnmente se presentan en bajas concentraciones foliares que resultan en menor lixiviación de  $K^+$ . El estatus de los nutrientes en los bosques puede reflejar la magnitud de  $Ca^{2+}$  lixiviado (Schaefer & Olson 1988), el  $Ca^{2+}$  en las hojas de *R. harrisonii* Leechman se presentó en concentraciones más bajas en la época lluviosa que en la época seca, se considera que estas diferencias están marcadas por la ausencia de epifitismo en el dosel de manglar. La absorción del  $Ca^{2+}$  está directamente relacionado con la proporción de transpiración de la planta. Las bajas concentraciones de  $Ca^{2+}$  solo en la Isla Chupador Chico, pueden ser por el bajo nivel de transpiración, provocado por factores físicos como alta pluviosidad y humedad relativa del 70%, lo que conlleva a la apertura estomática.

Los hallazgos sobre la disminución de  $Mg^{2+}$  documentados por Cerón, *et al*; (2016), se basaron en comparaciones de las muestras (hojas) al inicio de la colecta, es decir antes de ser expuestas a la atomización con  $SO_2$ . Las concentraciones de las medianas halladas en este estudio difieren entre transectos, siendo los transectos de la Isla Chupador Chico los que presentan valores más conservadores en relación a los demás. Se presentan valores superiores en los cuatro transectos solo durante la época lluviosa, esto puede deberse a los aportes significativos de sales minerales disueltas que

son arrastradas durante la época lluviosa y que ingresan al estuario con los flujos de marea.

Los valores de las concentraciones de las sales obtenidas para la época seca son inferiores a la unidad, es probable que haya una relación entre la deposición seca de  $\text{SO}_2$  que influye sobre las bajas concentraciones de Mg. La carencia de Mg se relaciona con un amarillamiento en las hojas viejas y luego en las jóvenes por un bajo nivel de cloroplastos y necrosis en las extremidades y márgenes de las hojas, (Reddy, 2006 en Cerón 2016); el  $\text{Mg}_2^+$  es utilizado por las plantas en el interior de las células del follaje y se encuentra ligado a la clorofila, una disminución de éste se visualizará en un amarillamiento de las hojas como clorosis o punteado clorótico. (Figura 12).



*Figura 12. Clorosis y necrosis en hojas de R. harrisonii* Leechman.

Las concentraciones de Mg se presentan más bajas durante la época seca en relación a la época lluviosa, esto se relaciona con el daño foliar presentado que actúa en la formación de pigmentos fotosintéticos los cuales se incrementaron (Clorofila “a”: 3.52 ug/ml; Clorofila “b”

5.55 ug/ml y Carotenoides 3.57 ug/ml), y el amarillamiento persistente de los árboles de *R. harrisonii* Leechman en el transecto 3, lo que podría estar directamente relacionado con la actividad naviera que se desarrolla en el sitio. Por lo tanto se rechaza la hipótesis  $H_0$ , lo que la convierte en un enunciado falso, es decir todos los sitios de estudio son iguales.

En la Isla Trinitaria las concentraciones de sulfatos determinadas son mínimas y están por encima de 1.5 ppm (Transecto 3) y 3.5 ppm (transecto 1) durante la época seca y lluviosa. La presencia del Calcio es mayor en la Isla Chupador Chico, 1.2 ppm en relación a la Isla Trinitaria. Los sulfatos en las hojas de *R. harrisonii* Leechman son más altos 2.786 ppm durante la época seca, efecto que puede ser motivado por la deposición seca que actúa impactando las hojas, sedimentándose, o en procesos de difusión ya que el intercambio gaseoso es un mecanismo fisiológico de las plantas y existe la necesidad de capturar  $SO_2$  atmosférico que en altas concentraciones se vuelve tóxico para las plantas.

El pH determinado para las hojas de *R. harrisonii* Leechman presentaron valores ácidos mínimos de 4.9 en época lluviosa y máximos 5.4 en época seca, conjeturándose que la acidez está ligada a los procesos de deposición húmeda, y seca en las dos épocas.

## **Discusión aspectos morfológicos**

### **Estomas**

Se acepta generalmente que las lesiones dependen del  $SO_2$  por lo menos en parte en la entrada del gas a través de los estomas (Taylor, 1973 en Cerón *et al.*, 2016). Los

hallazgos de (Atala, Saldaña, and Navarrete 2012) quienes destacan que la pérdida de agua y la regulación térmica se logra con el reconocimiento de la apertura y cierre de los estomas, este último es asociado con el estrés hídrico lo que provoca la pérdida de la turgencia en las hojas. El índice estomático en las hojas de *R. harrisonii* Leechman es superior durante la época seca y su apertura es significativamente baja, pero disminuye el número de células epidérmicas y el número de estomas por campo; condiciones que pueden estar influenciadas por la deposición seca, mecanismo que se detona para poder superar situaciones de posible toxicidad.

Así, en el caso de la vegetación una adecuada humedad relativa ambiental puede favorecer la absorción de los contaminantes gaseosos por estimular la apertura de las estomas (Mc Clenny & Risby, 1986). También las deficiencias nutricionales y otras agresiones ambientales pueden contribuir a agravar la respuesta del organismo frente a la contaminación.

Las células epidérmicas, en especial las oclusivas, toman grandes cantidades de agua, mientras que las mesofílicas se deshidratan. Las hojas se hacen quebradizas y desarrollan manchas cloróticas. Un importante contaminante, el anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), solo o junto con el ozono, causa clorosis y enanismo de árboles (Esau, *et al.*, 2008). La lluvia influye en un bajo número de estomas, con la excepción de la Isla Chupador Chico donde las células epidérmicas son el doble, el índice estomático y la apertura en los tres transectos de la Isla Trinitaria son significativamente diferentes a la Isla Chupador Chico.

Las concentraciones de potasio durante la época lluviosa favorecen la apertura estomática, (Lincoln y Zeiger 2006)

explican que la absorción de los iones de potasio por las células guardas reportadas en las vacuolas cuando estaban abiertas, aparecen en cantidades suficientes para contribuir a su apertura de 0.5 molal en la concentración de K<sup>+</sup>. “el transporte de K<sup>+</sup> desde las células subsidiarias a las células guardas, causa potenciales osmóticos más negativos y consecuentemente, la apertura de estomas, un transporte de reversa del ión K<sup>+</sup> causa el cierre estomático.

González, (2013) explica la ubicación de los estomas, la media del índice estomático en época de lluvia para *Rizophora mangle* es de 2.5%; *Laguncularia racemosa* presenta dos tipos de ubicación abaxial 4,7% de ubicación adaxial 6.2%, el que varía en época seca para *Rizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* son de ubicación abaxial con el 3% y 3.5% respectivamente para el caso de *Laguncularia racemosa* es del 5.4% son de ubicación adaxial.

Las estomas de *R. harrisonii* Leechman son epiestomáticos (Figura 13), por estar dispuestos en la cara adaxial haz o parte superior de la hoja, por el número de células epidérmicas diferenciadas oclusivas y su ubicación respecto a estas son ciclosíticos, por tener células anexas en número mayor a cuatro, se disponen en ciclos alrededor de la estoma.

### **Daño foliar y herbivoría**

La necrosis observada en los bordes de las hojas pudiera estar ligada a la disminución del K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> (Rojas, 1919; Tomlinson, 2003; Reddy, 2006 en Cerón *et al.*, 2016). El

SO<sub>2</sub> agente contaminador importante del aire, genera daños visibles y no perceptibles a simple vista a las plantas (Kondo y Sugahara, 1978 en Cerón, *et al.*, 2016). El grado de daño visible clorosis y necrosis, varía entre especies de la planta, incluso si la exposición a SO<sub>2</sub> se da en condiciones de concentración baja (Thomas, 1961).

El daño foliar para la época lluviosa se presenta con medianas similares entre todos los transectos lo que difiere significativamente para la época seca observándose que las medianas del Transecto 4 respecto a la época seca y lluviosa son similares.

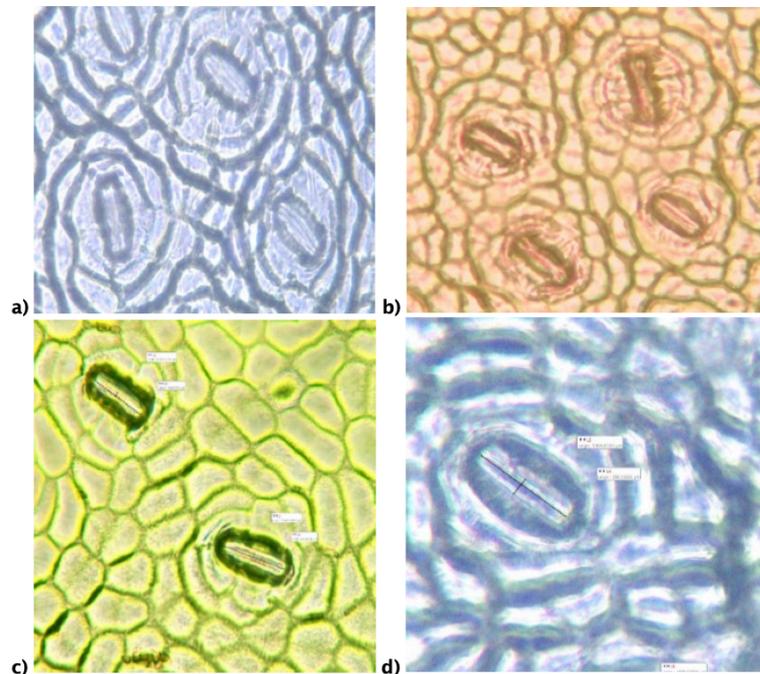


Figura 13. Estomas ciclosíticos de *R. harrisonii* Leechman, 40 X, a)

Transecto 1, b) transecto 2, c) transecto 3, y d) Control. Quevedo, O. (2018)

El daño foliar presentado en las hojas de *R. harrisonii* Leechman es una respuesta de la especie a las condiciones en las que se encuentra expuesta en la zona del puerto marítimo de Guayaquil, sus medianas difieren significativamente entre áreas durante la época seca y lluviosa, respecto a la calidad de las hojas. En la isla Chupador Chico (transecto 4) los daños están por debajo del 10% tanto para la época seca como la lluviosa. Sin embargo durante la época lluviosa los daños de las hojas son similares en los cuatro transectos, esto se comprende porque la lluvia limpia las hojas e impide que las larvas puedan desarrollar sus estadios metamorfofísicos, las altas concentraciones del Mg influyen en los bajos porcentajes de clorosis y necrosis de las hojas.

Durante la época seca la clorosis y necrosis en las hojas de *R. harrisonii* Leechman. también presentan afectaciones como el ramoneo provocado por *Tyrinteina arnobia* Stoll de la familia Geometridae, (Figura 14) al punto que el valor atípico presentado por el Transecto tres, puede estar relacionado esta variable y la actividad naviera que soporta (vía Trinipuerto), donde las hojas de los mangles de la orilla presentan coloración amarillenta de forma generalizada, coloración que motiva el nombre de estero Limón.



Figura 14. Afectaciones provocadas a las hojas de *R. harrisonii* Leechman por *Tyrinteina arnobia* Stoll. Fuente: Quevedo, O. (2018)

### **Factores meteorológicos y la polución por azufre en $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$**

El modelamiento sobre la deposición regional a escala global fue determinado por Dentener *et al.*, (2006) donde describe para 17 localidades de América del Sur, en base a la deposición húmeda, que los valores sobre cargas críticas de sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y otros elementos presentaron heterogeneidad en sus datos, tomados a partir de: Dentener y Crutzen (1993) y Whelpdale *et al* (1997) y Filoso *et al.*, (1999) y Lara *et al.*, (2001), debido a las diferentes características geográficas en cada una de estas localidades.

Eyring *et al.*, (2009) atribuyeron que las mayores emisiones de gases y partículas provienen de alta mar y que son significativas en relación al sector de la transportación, además de la provocación de acidificación y eutrofización de los ecosistemas y los cuerpos de agua dulce. Corbett & Fischbeck, (1997) y

Eyring *et al.*, (2005) demostraron que los compuestos claves emitidos como el Dióxido de azufre su presencia es dominante en los aerosoles resultantes desde las emisiones de los barcos.

La deposición seca implica el lavado de partículas y la disolución de los aerosoles que están acumulados sobre la superficie del dosel. Los intercambios a nivel de dosel se dan desde los tejidos internos de las plantas y la superficie de las hojas, además de la actividad de consumo de los iones por las hojas de la epiflora (Filoso, 1999). Lara *et al.*, (2001) describió las concentraciones de azufre a partir de la lluvia ácida en el sur este de Brasil, donde los valores de pH fluctuaron entre 4 - 4.5, determinado en zonas urbanas.

Descripciones realizadas por Salisbury y Ross, (1978); Bidwell, (1979); Levitt, (1980); Jones y Jones, (1989), en Wilson (1995), coinciden en que las plantas reconocen las similitudes entre los diversos efectos provocados por las tensiones, generando resistencia por parte de estas a soportar incluso tensiones ambientales.

El valor límite para la protección de ecosistemas es de 20 ug/ m<sup>3</sup> en base a la media anual o invernal (Aire n.d.), estos datos se contrastaron con las concentraciones de azufre en la atmosfera cuyos datos son superiores para los meses de junio de 2015, que coincide con la época seca.

La incidencia de los aerosoles de sulfatos es de gran importancia por su alta variabilidad temporal y espacial, ya que generan incertidumbres respecto a la calidad del aire, la salud de los ecosistemas y la humana; Lovett, (1994) señala que N, S y O<sub>3</sub> están presentes en bajas concentraciones en áreas no contaminadas, son

contaminantes regionales aéreos originados de la quema de combustibles fósiles.

Durante la estación lluviosa, cuando la capa de mezcla está muy alta la mayoría de los contaminantes en la precipitación se derivan a los procesos “rain out” de núcleos de condensación que han sido transportados grandes distancias en la región. En contraste durante la estación seca, la capa de mezcla reducida solo concentra especies iónicas de origen local. El depósito seco es en general mayor que el húmedo, cerca de la fuente de emisión, (Gallego, *et al.*, 2012) así es como se explica los valores altos en época seca para los muestreadores 6,7,8: (Isla Santa Ana, frente a INARPI S.A.) M9: (CONTECON);M14: (Cerrito de los Morreños) M19: (Chupador Chico).

Las cargas críticas han sido estimadas en varias regiones del mundo debido a la problemática ambiental y los daños persistentes a la salud humana. Los ecosistemas alpinos son más sensibles que los sistemas de tierras bajas, con un valor de carga crítica, Pérez *et al* (2008) reportaron para Zoquiapan al este de la ciudad de México entradas de 5.5 y 8.8 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para azufre. Ponette *et al.*,(2010) estableció que en el Centro de Veracruz en varios tipos de cubierta y uso de suelo los valores de azufre están entre 8 a 17 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Cerón, *et al.*, (2016) determinaron los flujos medios de depósito throughfall para azufre, como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, en la isla del Carmen en rangos de 2.15 y 4.7 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El flujo medio de óxido de azufre depositado se encuentra ya en el límite del valor del umbral propuesto para bosques naturales y por arriba de aquellos reportados para áreas muy sensibles (Figura 15).

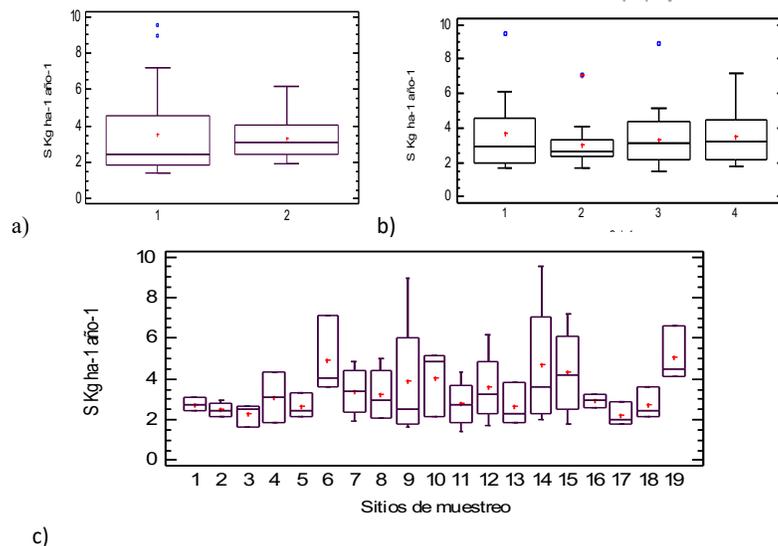


Figura 15. Concentraciones de azufre: a) épocas seca y lluviosa, b) Por uso de suelo: 1. urbano, 2 manglar de urbe, 3 Ptos. navieros y 4 Manglar conservado, c) concentraciones de azufre por sitios de muestreo. Fuente: Quevedo, O. (2018).

Los valores medios encontrados de azufre son de  $3.357 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  (Figura 15) que se depositan en el manglar superan a los hallazgos reportados por Cerón, *et al.*, (2009), comparables por ser ecosistemas aparentemente similares, por sus características ecosistémicas a nivel de formaciones vegetales.

Los valores registrados durante cuatro meses de noviembre a febrero reflejan medianas superiores a los  $3 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  de acuerdo con Sousa, *et al.*, (2000) los valores de cargas críticas para suelos son más elevados, que en el caso de la acidez debido al hecho de que se consideran otros procesos como la deposición atmosférica de cationes y la absorción de éstos por parte de la vegetación, con rangos mínimos de 1001 hasta >

3000 eq ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en la Comunidad Autónoma de Madrid.

De acuerdo con Laisk, *et al*; (1988), durante la fotosíntesis en presencia de la concentración admisible de 0.05µl·l SO<sub>2</sub> (-1), azufre se puede depositar en las plantas en una relación no muy lejos de 1/500 en relación con carbono. Los cálculos indican que los árboles con una baja relación de la reducción de S (azufre) a C (carbono) no pueden tolerar la exposición a largo plazo a concentraciones de SO<sub>2</sub> tan bajas como 0,02 ó 0,03 µl·l (-1), por lo tanto la carga crítica estimada solo para cuatro meses durante la época seca y lluviosa puede influir en el follaje expuesto a nivel de la copa o el dosel de *R. harrisonii* Leechman ya que el sistema se encontraría al límite de presentar riesgo de daño, (Sverdrup *et al.*,1989) por modificación de las condiciones físico químicas del medio tales como un cambio de pH de la solución, que llevará a la movilización de determinadas formas químicas tóxicas para las plantas.

De acuerdo con Ping (1999) la absorción directa de nutrientes por parte de las hojas y las epífitas de dosel ha sido demostrado su importancia en los sitios pobres en nutrientes en la amazonia. El dióxido de azufre se oxida a sulfato, y la tasa de oxidación determina su tiempo de vida en la atmósfera. El ácido sulfúrico es producido a partir de la oxidación de los óxidos de azufre, que a su vez forman partículas de sulfato. Sin embargo, aún en la atmósfera de sitios rurales o no industrializados, niveles significativos de partículas de sulfato han sido encontradas, concluyendo que este sulfato está relacionado con las reacciones atmosféricas de dióxido de azufre antropogénico (Khoder, 2002), las cargas críticas de azufre en las dos zonas de estudio en Guayaquil presentan una distribución homogénea por uso de suelo.

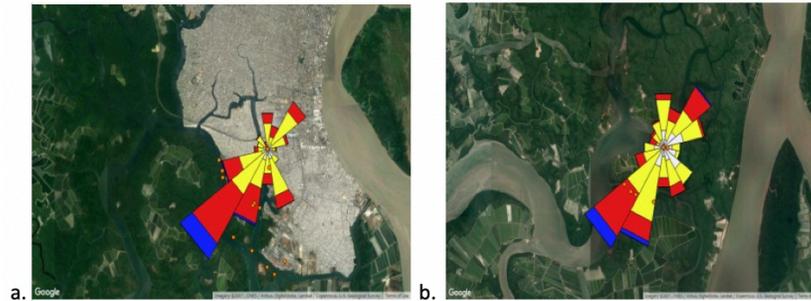


Figura 16. Distribución de los vientos en el Puerto de Guayaquil (a) y en la Comunidad Cerrito de Los Morreños (b). Fuente: Quevedo, O. (2018).

Los vientos del sur motivados por la corriente fría de Humbolt, llegan con fuerza a las costas del Ecuador en agosto, con velocidades máximas promedio de 8 m/s, denominados estos vientos alisios cuya dirección de origen es sur-oeste, ingresando a la ciudad en dirección nor-este.

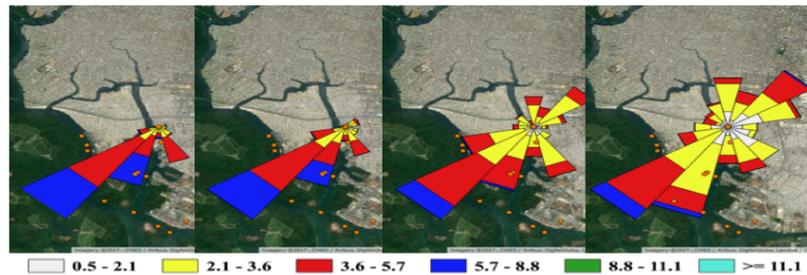


Figura 17. Representación gráfica de los vientos (ms-1) Bloque 1. en los meses de a) noviembre 2016, b) diciembre 2016, c) enero 2017 y d) febrero 2017 Fuente: Quevedo, O. (2018).

Las condiciones atmosféricas son impredecibles y difícilmente se puede estimar las condiciones exactas

respecto a su composición temporal, sin embargo se puede aseverar sobre la presencia de “aerosoles urbanos” (Gallego, 2012), ya que el sitio de estudio está rodeado por actividades como: navieras, termoeléctricas, industria del acero, una cementera y el tráfico vehicular acordona el área protegida de El Salado a través de la vía perimetral que une el norte con el sur de la ciudad de Guayaquil.

De igual forma el aerosol que también incide en la zona de estudio es del tipo “marítimo contaminado” en razón de que este aerosol se produce por la mezcla del aerosol marítimo puro con masas de aire de regiones contaminadas, el cual es importante en la formación de nubes y por lo tanto en el balance radiactivo (Alarcón 1999). (Figura 16 y 17)

En el Golfo de Guayaquil se concentra la mayor superficie de manglar del Ecuador formándose aerosoles del tipo “Forestal puro”, de igual manera el aerosol “Continental promedio” es una mezcla del aerosol rural con el proveniente de zonas industrializadas y consiste en una mezcla de hollín, polvo y aerosoles solubles en agua.

Estos elementos se presentan como aerosoles que pueden ser de origen natural o antropogénico, durante el estudio (2016- 2017), no se reportó actividad volcánica para la zona del Ecuador, ni en los países vecinos del Perú y Colombia.

Las concentraciones de  $SO_2$  podrían estar provocando afectaciones a la vegetación, lo cual va además relacionado con la diversidad de factores atmosféricos y meteorológicos, que disminuyen la probabilidad de las predicciones y debe ser considerado en la implementación de políticas, (Wilson, 1995). La

incidencia de azufre, cuyo precursor es el SO<sub>2</sub> atmosférico por hecho la aceptación de la hipótesis alterna, que demuestra que las concentraciones de S en todos los sitios es la misma.

### **Aspectos morfológicos**

La hipótesis Ho es verdadera respecto a las cargas críticas de Azufre, por lo tanto éstas concentraciones están afectando a la calidad de vida de los manglares.

El intercambio gaseoso efectuado en los estomas de *R. harrisonii* Leechman tanto para el Transecto 4 como los tres transectos están estrechamente vinculados a la apertura estomática que es mayor para la época lluviosa  $2.535\mu m$  lo cual se refleja en altas concentraciones de proteínas 38.56 ug/ml y bajas concentraciones de carotenoides 0.861 ug/ml. Por lo tanto la apertura estomática es falsa, los estomas se comportan de la misma manera entre sitios de estudio.

Se podrían atribuir daños provocados por acidificación o deposición seca en la Isla Trinitaria, Transecto 3, donde se aprecia el color de las hojas de manglar con tonalidades verde claro con tendencia al amarillo, además de la presencia de *Tyriniteina arnobia* Stoll que ramonea en los transectos 1,2 y 3, en las hojas de *R. harrisonii* Leechman.

Los daños que se presentan por clorosis, necrosis y ramoneo se visibilizaron porcentualmente para la época seca solo en los transectos del 1 al 3, pero los porcentajes para la época lluviosa, pueden ser un estimado de los daños que presenta *R. harrisonii* Leechman en ausencia de *Tyriniteina arnobia* Stoll, valor que no supera los

rangos entre el 4% al 15%. Durante la época lluviosa el daño foliar entre transectos es similar entre sitios de estudio por lo tanto la Ho es verdadera.

Se puede considerar a *Tyriniteina arnobia* Stoll como un bioindicador sobre la calidad *R. harrisonii* Leechman, el cual es utilizado como hospedero, además que su comportamiento es cíclico ya que fue reportado por primera vez por (Jumbo 2000) hace 17 años, y a partir de esto se sigue observando su presencia con brotes esporádicos que reflejan un comportamiento de plaga, respecto a lo cual no se ha realizado un estudio que corrobore los picos más extremos de su presencia en los manglares de la ciudad de Guayaquil.

Por la cercanía taxonómica entre *R. harrisonii* Leechman con *Rhizophora mangle* se pudo observar a *Tyriniteina arnobia* Stoll ramoneando en estas dos especies de mangle, es importante señalar que este insecto no se encontró en los transectos de la Isla Chupador Chico hasta el momento de la investigación.

La ausencia de *Tyriniteina arnobia* Stoll en la Isla Chupador Chico se puede deber a varios factores físicos y biológicos:

Físicos:

- La dirección de los vientos posibilita que la especie se desplace con facilidad en dirección noreste.
- Las concentraciones de CO<sub>2</sub> pueden estar colaborando en la presencia del mismo.

Biológicos:

- Las condiciones de los manglares en la zona de estudio (Transectos 1 al 3) son diferentes al Transecto 4, el cual es un área natural protegida.
- Este insecto puede ser parte de la red trófica en el área natural protegida.
- En el área afectada los depredadores para este insecto aparentemente no están presentes.

### **Cargas críticas de azufre**

Las concentraciones de azufre colectadas durante las épocas seca y lluviosa demuestran valores que varían entre sitios, e inclusive estos presentan datos atípicos para sitios como la empresa CONTECON del Puerto de Guayaquil, la localidad del barrio Las Fragatas, ubicada a 500 m de Termo-Guayas, además de ser este un sitio que funciona como muelle donde se desembarca camarón, y otros tipos de pesca local, al igual que la Isla Santa Ana ubicada frente a TRINIPUERTO (Tabla 2).

Los muestreadores pasivos colocados en los 19 niveles, su valor de  $p$  es superior o igual a 0.05, por lo tanto no hay diferencias estadísticamente significativa entre las desviaciones típicas para un nivel de confianza de un 95%, de acuerdo a Kruskal- Wallis. La igualdad de las concentraciones de las medianas S refleja que se sobrepasa los umbrales establecidos para bosques protegidos cuyos rangos están entre 2.13048 a 5.0837kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, las concentraciones de SO<sub>2</sub> no solo se originan en el Puerto de Guayaquil, sino en otros puertos a nivel nacional e internacional, como el de Puerto Bolívar en el Oro – Ecuador y el de Callao en Lima Perú.

Tabla 2. Flujos de azufre en el estuario interior del Golfo de Guayaquil.

Lugar	kg/ha/año	nov (2016)	dic (2016)	ene (2017)	febrero (2017)
Actividad portuaria	Isla Trinitaria (1)	1.69070795	2.42424242		3.106189227
	Isla Trinitaria (2)	2.13048747	2.17986315	2.96187683	2.720327211
	Isla Trinitaria (3)	1.64184356	2.52199413		2.672094459
	"y" via trinipuerto (4)	1.83730112			4.360240778
	Isla frente a contecon (5)	2.42367382	3.30400782		2.141534187
	Isla Trinitaria (6)	3.59641922	7.11632454		4.070844266
	COGUAR (7)	3.98733435	4.86803519	1.94814614	2.720327211
	Isla Sta. Ana (8)	2.13048747	5.01466276	2.08211144	3.829680506
	Contecon (9)	1.64184356	8.92473118	1.93548387	3.106189227
	Isla Sta. Ana (10)	2.13048747		4.81915934	5.180197561
	Isla Sta. Ana (11)	1.44638599	2.28569621	3.1085044	4.312008026
	Las fragatas (12)	1.69070795	2.96187683	6.13880743	3.540283994
Area Natural Protegida (Control)	cerrito morreños (13)	1.88616551	3.79276637		2.286232443
	cerrito morreños (14)	9.50901059	4.5259042	1.98435973	2.672094459
	Chupador chico (15)	1.78843673	7.16520039	3.30400782	5.083732057
	chupador chico (16)			2.61974585	3.250887483
	chupador chico (17)	1.78843673		2.03323558	2.865025467
	chupador chico (18)	2.47253821		2.17986315	3.588516746
	chupador chico (19)		6.57869013	4.08602151	4.456706282

\*Contecon: Puerto de Guayaquil; COGUAR: Conjunto de Guardacostas del Ecuador; Isla Santa Ana: frente a Trinipuerto (INARPI S.A.).

Los muestreadores pasivos colocados en el dosel de *R. harrisonii* Leechman tanto para la Isla Chupador Chico como para la zona contaminada, Isla Trinitaria, reflejan homogeneidad respecto a la época seca y lluviosa, la Ho es verdadera para la época seca y lluviosa. en la concentración de las cargas críticas, no se establecen diferencias significativas entre estos respecto al uso de suelo, que está vinculado con la actividad naviera, pesquera y acuícola.

Las cargas críticas de azufre por uso de suelo demuestran que están depositándose en el dosel del manglar, en el sedimento cuando la marea está baja, y en el agua durante la marea alta, lo que influye en procesos de acidificación de los cuerpos de agua. De igual manera ocurre en la zona urbana aledaña al área de estudio.

## **Vientos**

La cordillera submarina emerge desde el Océano Pacífico e ingresa en la placa continental del Ecuador, presentándose en la ciudad de Guayaquil con un conjunto de cerros con cotas máximas de 200 msnm, en dirección sur-este, prácticamente al pie del manglar, los cuales son barreras naturales que pudieran estar impidiendo el paso de nubes de condensación sean de depósito seco o húmedo.

El traslado de la contaminación a través de la atmósfera hasta la capa de aire, luego la difusión y la reacción son procesos atmosféricos que se reflejan en las superficies como el agua, suelo o bosques, todo esto provocado por los vientos alisios que vienen desde el sur-oeste en los meses de agosto y septiembre, empujados por la corriente fría de Humbolt, cuyas velocidades dentro del estuario no superan los 8m/s.

Los meses de noviembre y diciembre son los más calmados 2m/s por la presencia del frente ecuatorial, lo que puede interpretarse que las concentraciones de las cargas críticas de azufre pueden variar respecto a la velocidad de los vientos y su distribución dentro de la ciudad de Guayaquil.

## Conclusión general

El intercambio gaseoso durante la época seca y lluviosa determina el cierre parcial o apertura total de los estomas respectivamente, frente a las concentraciones de azufre, que se manifiestan como  $\text{SO}_2$  y puede ser un tensor más que influye en el follaje de las copas de *R. harrisonii* Leechman durante la época seca, tiempo en el cual las hojas se presentan escasamente turgentes (se rompen fácilmente al ser manipuladas, poco contenido acuoso), amarillentas, con manchas necróticas y afectadas por *Tyrinteina arnobia* Stoll.

Durante la época lluviosa el follaje de *R. harrisonii* Leechman se ha recuperado tanto en la Isla Chupador Chico como en la zona contaminada, Isla Trinitaria, porque *Tyrinteina arnobia* Stoll, ya no se encuentra, la lluvia se encargó de lavarlos o arrastrarlos del follaje, pero el fenómeno atmosférico *rainout* o depósito húmedo se hace presente arrojando las sustancias contaminantes que se encuentran presentes dentro de las nubes, en este caso la lluvia ácida.

*R. harrisonii* Leechman se presenta como resiliente, que puede ser una respuesta provocada a partir del intercambio gaseoso, generado por la actividad portuaria de Guayaquil. La época seca es un detonante que incide directamente en la especie por no tener la oportunidad de lavar sus hojas con la lluvia, y el arrastre de los elementos que se asientan sobre las hojas, deposición seca, durante siete a ocho meses (época seca) momento en el que los insectos aprovechan para alimentarse de las hojas que se encuentran más expuestas al sol y a la presencia de los aerosoles.

Si bien las cargas críticas de azufre se presentan con valores similares en las zonas de estudio, es importante reconocer que el intercambio gaseoso de las plantas se realiza con otros elementos como el carbón y ozono que también afectan a la fisiología de *R. harrisonii* Leechman y que, están presentes tanto en la deposición seca como húmeda.

Las concentraciones de azufre a partir del SO<sub>2</sub>, superan los valores permisibles para ecosistemas como los bosques de manglar definido a partir de las cargas críticas que responden a una distribución regional, cabe señalar que al sur del Ecuador se encuentra Puerto Bolívar en la provincia de El Oro, el cual estaría aportando con concentraciones de SO<sub>2</sub> al Puerto de Guayaquil.

A partir del estudio se puede inferir que siendo *R. harrisonii* Leechman una especie que predomina en el Golfo de Guayaquil, presenta comportamientos diferentes en relación a la Isla Chupador Chico, efectivamente las concentraciones de SO<sub>2</sub> están presentes y son un indicador de que la problemática envuelve al ecosistema en general durante las dos épocas seca y lluviosa, ya que sus valores son homogéneos, sin embargo los daños morfológicos al manglar varían entre sitios de estudio lo que también está vinculado con las diversas actividades antrópicas, y el clima.

Las condiciones de área protegida, Isla Chupador Chico ha sido de mucho valor en el estudio por la distancia a la que se encuentra de la Isla Trinitaria, ha impedido que las larvas de *Tyriniteina arnobia* Stoll, lo afecten, así como la carencia de actividades antrópicas significativas, se podría considerar que los hallazgos en la Isla Chupador Chico pueden ser utilizados como elementos de referencia para estudios posteriores.

Las épocas seca y lluviosa son factores físicos climáticos que dentro del estudio reflejaron cómo los resultados de deposición seca y húmeda a partir del uso de muestreadores pasivos, pueden ser utilizados para analizar las respuestas fisiológicas del manglar.

De manera general la época seca es el factor que naturalmente, sumado a los aerosoles que trasladan contaminantes influyen sobre las hojas de *R. harrisonii* Leechman, ya sea por el intercambio gaseoso o cuando se deposita sobre el haz de las mismas, afectando la producción de pigmentos fotosintéticos, los cuales varían entre la Isla Trinitaria y Chupador Chico.

## Referencias

- Acuerdo Ministerial No. 198 del 09 de julio de 2014.*  
Programa Socio Manglar, un nuevo capitulo del programa Socio Bosque. <https://conservation.org.ec/boletines/secrea-el-programa-socio-manglar-10-julio-2014/?frame=0>
- Acuerdo Ministerial No.286 de septiembre 24 de 2010.* Amplia y rectifica la superficie del área protegida Refugio de fauna Manglares El Salado.<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/241417/17+RESERVA+DE+PRODUCCION+DE+FUANA+MANGLARES+EL+SALADO+2.pdf/d19badb6-bb4c-43b1-86ad-e01038bab639>
- Agencia Europea de Medio ambiente (2019). EL Medio Ambiente en Europa Estado y perspectivas 2020. Resumen Ejecutivo. Doi: 10.2800/833735
- Alarcón, (1999). *Meteorología y Clima. Ediciones UPC.* Edición de la Universidad Politécnica de Cataluña. S. L. Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona. Depòstio Legal B-50.578-99 ISBN: 848301-355
- Aragón R. P., M. Catalá I. y L. Tortajada, 2010. *Prácticas de contaminación atmosférica.* Editorial Universitat Politècnica de Valencia. ISBN 978-84-8363-632-9. Impreso en España. Págs. 19 – 25.
- Atala, C., Saldaña, A., & Navarrete, E. (2012). Stomatal frequency and gas exchange differs in two *Blechnum* species ( Pteridophyta, Blechnaceae )

- with contrasting ecological breadth. *Gayana Bot*, 69(1), 161–166.
- Balsano, J., A. Soret, M. Guevara, F. Martínez, y S. Gassó, (2014). Integrated Assessment of air pollution, using observations and modelling in Santa Cruz de Tenerife (Canary Island) *Revista Elsevier - Science of the Total environment* 473–474 (2014) 576–588, disponible en Science Direct.
- Carvajal, R., J. Salas, G. Zambrano, F. Viteri & C. Bohórquez, (2012). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2009-2012. Jefatura de Transecto 4 de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas; Jefatura de Transecto 4 de Cuencas Hidrográficas Dirección de Ambiente Gobierno Provincial del Guayas Illingworth 108 y Malecón Simón Bolívar, Guayaquil. Teléfono (593-4) 2511677 Extensión 701, 242, 239.
- CEPAL, (2011). Estadística de Puertos de América Latina y el Caribe. Unidad de Servicios de Infraestructura, Source: Infrastructure Services Unit - NRID - ECLAC – United Nations, 2011  
[http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/PublicacionesEstadisticas.asp](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/PublicacionesEstadisticas.asp).
- Cerón, J., R. Cerón, J. Guerra, J. López y E. Endañu. (2009) *Efectos de contaminantes atmosféricos sobre especies de vegetación representativa de la zona costera del Estado de Campeche*, Universidad Autónoma del Carmen, México. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 126, WIT Press [www. Witpress.com](http://www.witpress.com), ISSN 174-3541 (on-line) doi: 10.2495/CP090231.
- Cerón J., R. Cerón, C. Aguilar, C. Montalvo, a. García, M. Muriel, E. Ramírez, A. Córdova & C. Carballo, (2016). *Mapping temporal and Spatial and spatial variation of sulfur and nitrogen deposition to a*

*complex ecosystem en Campeche, Mexico. Environmental Impact III, WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol. 203, www.witpress.com ISSN-1743-3451 (on line) doi 102495/EID160111.*

Cerón R. M., J.G. Cerón, M. Muriel, F. Anguebes, M. Ramirez, J. Zavala, C. Carballo and R.C. Escoffie. (2010). *Temporal Distribution of Throughfall Deposition of Nitrogen and Sulfur in the Mangrove Forests Associated to Terminos Lagoon* Additional information is available at the end of the chapter <http://dx.doi.org/10.5772/59726>.

Chavarría, Elena. (1988) *Coastal Protected Areas in Mexico: A Management Assessment. Research Report.* Marine Resource Management Program, Colleague of Oceanography, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331.

CLIRSEN, (2007). *Actualización del Estudio Multitemporal de Manglares, Camaroneras y Áreas Salinas en la Costa Continental Ecuatoriana al año 2006.* Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos, Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), y Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC). Resumen Ejecutivo. Contrato de préstamo N 1531/OC- EC entre la República del Ecuador y El Banco Interamericano de Desarrollo. BID.

Corbett, J. J., & Fischbeck, P. (1997). Emissions from ships. *Science*, 278(5339), 823-824.

*Decreto No. 1391. Reformas al Reglamento General a la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero y Texto Unificado de legislación pesquera. Del 15 de octubre de 2008.* [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2\\_uibd.nsf/916E4710EDDF265E0525781D0057B26E/\\$FILE/4\\_Decreto\\_N%C2%Bo\\_1391.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/916E4710EDDF265E0525781D0057B26E/$FILE/4_Decreto_N%C2%Bo_1391.pdf)

Dentener, F, Drevet, J, Lamarque, JF, Bey, I, Eickhout, B, Fiore, AM, Hauglustaine, D, Horowitz, LW, Krol, M, Kulshrestha, UC, Lawrence, M, Galy-Lacaux, C, Rast, S, Shindell, D, Stevenson, DS, Van Noije, T, Atherton, C, Bell, N, Bergman, D, Butler, T, Cofala, J, Collins, B, Doherty, R, Ellingsen, K, Galloway, J, Gauss, M, Montanaro, V, Muller, JF, Pitari, G, Rodriguez, J, Sanderson, M, Solmon, F, Strahan, S, Schultz, M, Sudo, K, Szopa, S & Wild, O (2006). *'Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: A multimodel evaluation'* Global Biogeochemical Cycles, vol 20, no. 4, GB4003, pp. 1-21. DOI: 10.1029/2005GB002672 Digital Object Identifier. Edinburgh Research Explorer.

Dentener F. y P. Crutzen (1993). Reaction of N<sub>2</sub> O<sub>5</sub> on tropospheric Aerosols: Impact on the Global Distributions of NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> and OH. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 98 NO. D4, PAGES 7149-7163, Abril 20, 1983.

Esau, Katherine, Evert y F. Ray (2008). *Anatomía vegetal*. Editorial Omega. 3era Edición ISBN: 978-84-282-1443-8. 640 Págs.

Eyring Veronica, Ivar Isaksen, Terje Berntsen, William J. Collins, James J. Corbett, Oyvind Endresen, Roy G.

- Grainger, Jana Moldanova, Hans Schlager, David S. Stevenson, (2009). *Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping*. Elsevier. Atmospheric Environmental. Journal. Atmospheric Environment 1–37 homepage: WWW. Elsevier.com/locate/atmosenv.
- Fenn, M. E., Poth, M. a., & Arbaugh, M. J. (2002). *A Throughfall Collection Method Using Mixed Bed Ion Exchange Resin Columns*. The Scientific World JOURNAL, 2, 122–130. <https://doi.org/10.1100/tsw.2002.84>
- Fenn, M. E., J. O. Sickman, A. Bytnerowicz, D. W. Clow, N. P. Molotch, J. E. Pleim, G. S. Tomesen, K. C. Weathers, P. E. Padgerr and D. H. Campbell, (2009). *Methods for Measuring Atmospheric Nitrogen Deposition Inputs in Arid and Montane Ecosystems of Western North America*, CHAPTER 8. Developments in Environmental Science. Vol 9, ISSN: 1474-8177/DOI: 10.1016/S1474-8177(08)00208-8.
- Fenn, M. E., & Bytnerowicz, A. (1997). *Summer throughfall and winter deposition in the San Bernardino mountains in southern California*. Atmospheric Environment, 31(5), 673–683. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(96\)00238-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(96)00238-5).
- Filoso, S., Williams, M.R. & Melack, J.M., (1999) *Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago (Negro River, Brazil)* *Biogeochemistry* 45:169. DOI <https://doi.org/10.1023/A:1006108618196>  
 Publisher Name Kluwer Academic Publishers

Print ISSN0168-2563 Online ISSN1573-515X.  
<https://doi.org/10.1023/A:1006108618196>.

- Gallego P.A., I González F., B. Sánchez G., P. Fernández H., R. Garcimiño M., J. Bravo Y.J. Padrana P., A. García M. & J. Durand A. (2012). *Contaminación Atmosfèrica* Universidad Nacional de Educación a distancia Madrid. [www.uned.es/publicaciones](http://www.uned.es/publicaciones) ISBN electrónico 978-84-362-6523-1
- González, A. (2013). *Respuesta fisiológica y caracterización estomática de tres especies de mangle en el estero Tumilco, Tuxpan, Veracruz* 2013.
- Grennfelt, O., Nilsson, J., (1988). *Critical loads for sulfur and nitrogen*. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden. March 19 -24, 1988. The Nordic Council of Ministers Report 1988: 15, Copenhagen, Denmark. ISBN: 87-7303-248-4.
- Grennfelt, O., Nilsson, J., (1988). *Critical loads for sulfur and nitrogen*. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden. March 19 -24, 1988. The Nordic Council of Ministers Report 1988: 15, Copenhagen, Denmark. ISBN: 87-7303-248-4.
- Hambuckers A. & J. Remacle, (1993). Relative Importance of Factors Controlling the Leaching and Uptake of Inorganic Ions in the Canopy of a Spruce Forest. *Biogeochemistry*, Vol. 23, No. 2 (1993), pp. 99-117 Published by: Springer Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1469151> Access ed: 17-09-2016 00:52 UTC
- Hartmut K. Lichtenthaler, [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes, *Methods in Enzymology*, Academic Press, Volume 148, 1987, Pages 350-382, ISSN

- 0076-6879,ISBN 9780121820480,  
[https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0076687987480361>)
- INAMHI, (2017). Boletín meteorológico de Guayaquil.  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/boletin-meteorologico-de-guayaquil/>
- INEC, (2013). *Anuario de Estadísticas de Transporte*.  
Dirección responsable de la información estadística  
y contenido: Dirección de Estadísticas Económicas.  
Dirección electrónica: [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- INOCAR-VUB. (1997). *Sistema de Información Geográfica para el Río Guayas -Estero Salado*.  
Informe Técnico. División de Química del INOCAR.
- Jumbo, J. (2000). *Estudios bioecológicos del gusano defoliador *Tyriniteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) en Mangle Rojo (*Rhizophora harrisonii*)*. Tesis para el grado de biólogo de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil – Ecuador.
- Khoder, M. I. (2002). Atmospheric conversion of sulfur dioxide to particulate sulfate and nitrogen dioxide to particulate nitrate and gaseous nitric acid in an urban area. *Chemosphere*, 49(6), 675-684.
- Kondo y Suhara, 1978, en: *Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants*, editado por Amarjit S. Basra and Ranjit K. Basra,(1997) Departamento de Botánica Punjab Agricultural University. Ludhiana, India. Dirección electrónica de consulta: Fecha noviembre 20 de 2017.
- Laisk A, Pfanz H., Schramm, M. J., Heber U. (1988). *Flujos de dióxido de azufre en diferentes compartimentos celulares de hojas*

*fotosintetizadoras en una atmosfera contaminada. I Análisis de ordenador* Feb; 173 (2): 230-40. doi: 10.1007 / BF00403015.

Lara, P. Artaxob , L.A. Martinellia, R.L. Victoria, P.B. Camargo, A. Krusche, G.P. Ayersc, E.S.B. Ferraz, M.V. Ballester, (2001). *Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil*. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de Sao Paulo, Av: Centenario 303, 13416-000 Sao Paulo, Brazil b Instituto de Fisica, Universidade de Sao Paulo, Rua do Mat ao, Tra vessa R, 187, CEP 05508-900 Sao Paulo, S.P., Brazil CSIRO, Division of Atmospheric Research, Aspendale 3195.

Lichtenthaler, HK. 1987. Chlorophyll and carotenoids: Pigmentsm of Photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.* 148: 350-382.

Lincoln Taiz y E. Zeiger, (2006). *Fisiología Vegetal*. Castello de la Plana: Publicación de la Universitat. Jaume I. D. L. 2006 p.: il cm – (ciencias experimentals; 10 Ed. III Titulo IV Serie 581.1 ISBN 978-84-8021-601-2. Impreso: Book Print digital S.A.

Lovett G.M. & Lindberg S.E., (1994). *Dry deposition and canopy exchange in a mixed oak forest as determined by analysis of throughfall*. *J. Appl. Ecol.* 21: 1013–1027

Macías Vasquez F., M. Camps Asbesta, L. Rodríguez Lado, y E. Barreal Modroño (2002). *Cargas críticas de contaminantes: un criterio de evaluación de la sensibilidad de la naturaleza para la ordenación de las actividades*

humanas. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Universidad de Santiago de Compostela.

McClenny, W. A., & Risby, T. H. (1986). Characterization and quantification of air pollutants. *Air Pollutants and Their Effects on the Terrestrial Ecosystem*, 175.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), (2012). *Caracterización biológica del Estero Salado en ramales con diferentes tipos de desarrollo Urbano* CDC-SGMC-GE-004-2012. Preparado por ECOBIOTEC, noviembre de 2012.

Ministerio de Organización y Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados (2011). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, 254 pp. Quito - Ecuador.

Nevers N., (2012). *Ingeniería de Transecto 4 de la Contaminación del Aire*. Capítulo 11 Transecto 4 de los óxidos de Azufre (355-401). Editorial Mc. Graw Hill. Impreso en México. ISBN 970-10-1682-3.

Norma Mexicana, N. M. X. AA-074-1981 Análisis de agua–Determinación de ion sulfato. *Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México*.

OMS, O.M.D.L.S. (2004). *Guías para la calidad del aire*, TRaducción realizada por el Centro PANamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud(OPS/OMS) 1–239. Lima, 2004 <http://doi.org/OPS/CEPIS/PUB/04.110>

Pérez-Pérez, J. G., Romero, P., Navarro, J. M., & Botía, P. (2008). Response of sweet orange cv ‘Lane late’ to

- deficit-irrigation strategy in two rootstocks. II: Flowering, fruit growth, yield and fruit quality. *Irrigation Science*, 26(6), 519.
- Ping Zhang, 1999. *Nutrient inputs from trees via Throughfall, Stemflow and Litterfall in an intercropping system*. Thesis University of Guel
- Ponette-González, AG, Weathers, KC y Curran, LM (2010). El cambio de la cobertura de la tierra tropical altera los aportes biogeoquímicos a los ecosistemas en un paisaje montañoso mexicano. *Aplicaciones ecológicas*, 20 (7), 1820-1837.
- Puertos de América Latina, (2010). *Crece 17% en manejo de contenedores por semestre*. (2010, Sep 20). *Noticias Financieras*. Retrieved from. Consultado en: <http://search.proquest.com/docview/751515077?accountid=41816>. Fecha de consulta: 21/08/2015.
- Reddy-Lopata, Kasturi & Auerswald, Lutz & Cook, Peter. (2006). Ammonia toxicity and its effect on the growth of the South African abalone *Haliotis midae* Linnaeus. *Aquaculture*. 261. 678-687. 10.1016/j.aquaculture.2006.06.020.
- Salisbury y Ross, (1978); Bidwell, (1979); Levitt, (1980); Jones y Jones, (1989), en Schaefer DA, Reiners WA & Olson RK (1988) *Factors Transecto along the chemical alteration of throughfall in a subalpine balsam fir canopy*. *Env. Exp. Botany* 28: 175–189
- Scheren, PA, Ibe, AC, Janssen, FJ y Lemmens, AM (2002). Contaminación ambiental en el Golfo de Guinea: un enfoque regional. *Boletín de contaminación marina*, 44 (7), 633-641.

- Schaeffer-Novelli Y.; G. Cintrón-Molero; R. Rothleder Adaime; T. Camargo,(1990). *Variability of Mangrove Ecosystems along the Brazilian Coast Estuaries*, Vol. 13, No. 2. (Jun., 1990), pp. 204-218. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=01608347%28199006%2913%3A2%3C204%3AVOMEAT%3E2.o.CO%3B2-B> *Estuaries* is currently published by Estuarine Research Federation.
- Siefermann-Harms, Dorothea (1990). Protective function of the apoprotein of the light-harvesting chlorophyll-a/b—protein complex in pigment photo-oxidation, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Volume 4, Issue 3,1990,Pages 283-295, ISSN 1011-1344, [https://doi.org/10.1016/1011-1344\(90\)85034-T](https://doi.org/10.1016/1011-1344(90)85034-T).(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/101113449085034T>)
- Sousa M., T. Schmid, I. Rábago, (2000).*Determinación y distribución de Cargas Críticas: Aplicación a los suelos forestales de la Comunidad Autónoma de Madrid*. 130 pp. 20 Fig. 40 Refs. Informes Técnicos Editorial CIEMAT 934 junio, 2000. Departamento de Impacto Ambiental de Energía. Ciudad Universitaria 28040 – Madrid, España. ISSN 1135-9420.
- Tulsma libro IV R. O. N° 464 de 7 de junio de 2011 Acuerdo Ministerio N° 050 Marcela Aguiñaga Vallejo Ministra del Ambiente.
- Wilkinson, H. 1979. The plant superface (mainly leaf). In Metcalfe y Chalk (eds). *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press. London. pp. 97–165.

- Wilson (1995). *Are mediterranean plant likely to have a distinctive response to SO<sub>2</sub> pollution?* Revista: Agriculture, Ecosystems and Environment 55- (1995) 71-93, y Elsevier. Review.
- Whelpdale, DM, Summers, PW y Sanhueza, E. (1997). Una descripción global de los flujos de deposición de ácidos atmosféricos. *Evaluación y monitoreo ambiental*, 48 (3), 217-247.
- Zambrano, R., & Meiners, C. (2018). Notas sobre taxonomía, biología y pesquería de *Ucides occidentalis* (Brachyura: Ocypodidae) con énfasis en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista peruana de biología*, 25(1), 55-66.

# Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,  
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>  
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com



La autora es bióloga de la Universidad de Guayaquil, obtuvo su doctorado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, fue directora del Proyecto FCI 0018 (Fondo Complementario de Investigación) lo que motivó la publicación de este libro, y actualmente dirige el proyecto FCI 022 sobre Cambio Climático. Su trayectoria como catedrática es de aproximadamente 18 años y fue funcionaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Estudios sobre los manglares y su estado de conservación en el Ecuador existen desde la década de los 70`s, pero abordar la problemática actual de estos por afectaciones antrópicas y los potenciales efectos que tienen sobre las características fisiológicas de la especie *Rhizophora harrisonii*, es esencial para la toma de decisiones aterrizadas en la gestión local, desde el ámbito del transporte naviero y vehicular, así como la actividad industrial que también se encuentra en los límites de los remanentes de manglar que rodean a la ciudad de Guayaquil.

La autora aborda la problemática, a partir de enfrentar variables como las clorofilas y proteínas, que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad de los manglares, que potencialmente estarían siendo expuestos a lluvia ácida, partiendo de las referencias obtenidas por primera vez en la Isla Chupador Chico, sitio Ramsar más grande del Ecuador, ubicado en el estuario interior del Golfo de Guayaquil.

ISBN: 978-9942-33-353-7



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

**compAs**  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica