

ISSN: 2773-7772

Volumen 14 | Número 2 | Diciembre 2020

Revista Científica

# Ciencias Naturales y Ambientales



UNIVERSIDAD  
DE GUAYAQUIL



Facultad  
de Ciencias Naturales

## ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

### Editora

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc. (Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, [carmenbonifaz@hotmail.com](mailto:carmenbonifaz@hotmail.com))

### Consejo Editorial

Galo Salcedo Maridueña, Ph.D. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Beatriz Pernía Santos, Ph.D. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Ariel Escobar Troya, MSc. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Xavier Cornejo Sotomayor, MSc. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

### Comité Científico

Claes Persson, Ph.D. (Departamento de Biología y el Medio Ambiente, University of Gothenburg, Suecia)

Bertil Ståhl, Ph.D. (Departamento de Biología, Gotland University, Suecia)

Adolfo Borges, Ph.D. (Universidad Central de Venezuela, Venezuela)

Elba Mora de Baños, MSc. (Profesor Honorario Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Jaime Buestán Aucancela, Dr. (Profesor Honorario Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Manuel Cruz Padilla, MSc. (Instituto Oceanográfico de la Armada, Ecuador)

PhD. María Eugenia Rondon Rivas, Universidad de los Andes (Venezuela)

### Coordinación Editorial

José Antepara Basurto, MSc.

### Impresión y acabados

Imprenta de la Universidad de Guayaquil

---

Edición patrocinada y financiada por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Esta publicación se envía a personas o instituciones por intercambio con otros similares, dedicada a las Ciencias Naturales.

This publication is sent to people or institutions for exchange with other similar issues dedicated to Natural Sciences.

**Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales** es de periodicidad semestral y se distribuye por canje con otras publicaciones dedicadas a temas afines. Toda correspondencia que tenga relación con la Revista deberá ser dirigida a la editora, Carmita Bonifaz de Elao, a la dirección que se indica más adelante.

Ilustración de portada: Libélula (*Familia: Aeshinidae*). Dibujo: Katia Ruiz. Estudiante de Biología Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Incluida en el Directorio de LATINDEX  
con el número de Folio 16446,  
Vol. 14(2), Se terminó de editar en diciembre de 2020

Canje, suscripciones y avisos, dirigirse a:  
Exchange, subscriptions and publicity, go to:  
**Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales**

Código Postal 090612  
Avenida Raúl Gómez Lince s/n y Avenida Juan Tanca Marengo  
<https://www.revistas.ug.edu.ec/>  
<https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna>  
[revistacienciasnaturales@ug.edu.ec](mailto:revistacienciasnaturales@ug.edu.ec)  
Telf.: (04) 3080777 - 3080758 ext. 200  
Guayaquil, Ecuador



## Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de los mangles: *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* y *Conocarpus erectus*

Cadmium effect on germination and growth of mangroves: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Conocarpus erectus*

Nelson José Villavicencio Bedor<sup>1\*</sup> & Beatriz Pernía Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Egresado Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil

<sup>2</sup>Docente-investigadora, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales

Recibido de agosto 2020; recibido en forma revisada 26 de agosto 2020, aceptado 3 de octubre 2020  
Disponible en línea 20 de diciembre 2020

### Resumen

Los manglares pueden ser afectados por contaminantes que el ser humano genera al ser liberados en las aguas residuales, éstos se transportan a través de los ríos, siendo los metales pesados los que han recibido una mayor atención debido a que poseen una alta toxicidad y no son biodegradables. Entre los metales pesados contaminantes que afectan a los ecosistemas marinos costeros tenemos al cadmio, este es considerado como uno de los más dañinos debido al grado de toxicidad, solubilidad y capacidad de concentrarse e incorporarse en la red trófica. Con lo anteriormente mencionado, es de suma importancia determinar el efecto que posee el Cd en la germinación y crecimiento en diferentes especies de mangles, como: *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* y *Conocarpus erectus*. Se obtuvo un total de 1.176 hipocótilos y propágulos, éstos fueron esterilizados y sometidos a concentraciones realistas de Cd de 0.25, 0.50, 1, 2, 4 y 8 ppm, usando agua destilada como testigo positivo. Los estímulos de crecimiento en longitud del hipocótilo no presentaron diferencias significativas entre las concentraciones estudiadas de Cd. La longitud de la radícula en concentraciones mayores de Cd presentó valores nulos de crecimiento. Los valores de porcentaje de germinación en las distintas concentraciones de Cd en las especies estudiadas se presentaron significativamente menores al testigo. Finalmente, el IIF demostró que en todas las concentraciones de Cd se presentó toxicidad. Se puede concluir que el Cd es tóxico para *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* y *Conocarpus erectus* en niveles permitidos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente, por lo que se recomienda reducir el límite máximo permisible de toxicidad de Cd en Ecuador.

**Palabras claves:** cadmio, germinación, hipocótilo, manglares, radícula.

### Abstract

Mangrove ecosystems can be affected by pollutants that humans generate when released into wastewater and that are downstream transported by rivers, among those, heavy metals have received the most attention because they have a high toxicity and are not biodegradable. Cadmium is a polluting heavy metal that may affect coastal marine ecosystems, that is considered one of the most harmful due to the high degree of toxicity, solubility and ability to concentrate and incorporate into the food web. Consequently, it is of high importance to determine the effect that Cd has on germination and growth in different species of mangrove trees as *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* and *Conocarpus erectus*. A total of 1,176 hypocotyls and propagules were obtained, those were sterilized and submitted to realistic Cd concentrations of 0.25, 0.50, 1, 2, 4 and 8 ppm, using distilled water as a positive control. The growth stimuli of hypocotyl length did not present significant differences between the concentrations studied of Cd. The length of the radicle in higher concentrations of Cd presented null values in terms of growth. The germination percentage values in the different Cd concentrations in the studied species were significantly lower than the control. Finally, the IIF showed that toxicity occurred in all concentrations of Cd and that it can be concluded that Cd is toxic to *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* and *Conocarpus erectus* at levels permitted in the regulations. Therefore, it is recommended to reduce the maximum permissible limit of Cd toxicity in Ecuador.

**Keywords:** cadmium, germination, hypocotyl, mangroves, radicle.

\* Correspondencia del autor:  
E-mail: nelson.villavicenciob@ug.edu.ec



## Introducción

Los manglares son ecosistemas que se encuentran en el perfil costero, están ubicados dentro del cinturón tropical, usualmente se localizan en las desembocaduras de los ríos hacia el mar, contribuyen a la productividad primaria y son considerados zonas de refugio, desove y alimentación de docenas de especies bioacuáticas (Ulanie-Rosas et al., 2018; Cornejo, 2014). Se encuentran constituidos por formaciones vegetales dominadas por árboles y arbustos conocidos como mangles, éstos poseen características morfológicas y fisiológicas especializadas que les permiten subsistir exitosamente en estos ambientes. Los mangles se distribuyen en una zona de transición entre el ecosistema terrestre y marino, proporcionando hábitat, protección y alimento para muchas poblaciones de animales residentes y migratorios, favoreciendo su desarrollo y subsistencia (Ulanie-Rosas et al., 2018; Gómez-Pais, 2005). Las funciones que poseen los mangles junto con su entorno permiten que el manglar sea un hábitat de alta productividad que aporta con los nutrientes necesarios, estos son la base de una cadena trófica que sustenta una abundante fauna de alto valor ecológico, nutricional y económico (Flores, 2016). Por esta razón, el ecosistema manglar desempeña un rol importante en el desarrollo y subsistencia de las poblaciones humanas en las zonas marino-costeras desde los inicios de los primeros asentamientos humanos en la costa de Ecuador, hace más de 10.000 años AC, siendo actualmente una gran fuente de productividad para la pesca artesanal de cangrejos, conchas y peces (Stohtert, 2011; Gómez-Pais, 2005).

Los manglares pueden ser afectados por contaminantes que el ser humano genera al ser liberados en las aguas residuales y que se transportan a éstos a través de los ríos, siendo los metales pesados los que han recibido mayor atención debido a que poseen una alta toxicidad y no son biodegradables, éstos llegan a ser tóxicos, incluso hasta en bajas concentraciones, llegándose a acumular en organismos bioacuáticos en los que se produce un proceso de bioacumulación y posterior biomagnificación (Pernía et al., 2008, 2018).

En la actualidad los manglares sufren alteraciones debido a la contaminación generada por las descargas de aguas servidas e industriales (Foroughbakhch et al., 2004; Vannucci, 2001). Contrario a diversos contaminantes orgánicos, los metales pesados entre ellos: Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, y Zn, generalmente no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables, son tóxicos en bajas concentraciones y tienden a acumularse en las zonas costeras y estuarinas (Ramírez, 2016; Lacerda et al., 1988), en donde los mangles desempeñan un papel de filtro en el proceso de depuración de las aguas, reteniendo en su rizósfera compuestos orgánicos y metálicos, convirtiéndose en un reservorio de metales pesados. No obstante, entre los metales pesados contaminantes que afectan a los ecosistemas marinos costeros tenemos al cadmio (Cd), este es considerado como uno de los más

dañinos debido al grado de toxicidad, solubilidad y capacidad de concentrarse e incorporarse en la red trófica, principalmente en las plantas acuáticas (Benavides et al., 2018); además, en peces, aves y mamíferos, genera reducción de crecimiento, anemia, hipertensión disrupciones endócrinas, y en anfibios decrecimiento de la metamorfosis (Benavides et al., 2018; Burger, 2008; Vásquez et al., 2005; Revis et al., 1981; Richardson et al., 1974).

En Ecuador existe contaminación producida por las concentraciones de Cd en sedimentos de varias zonas manglicolas tales como: El Estero Salado, que posee de 0.50-12.00 mg/Kg Cd; La Reserva Ecológica Manglares Churute, donde se ha registrado 5,99-15,97 mg/kg Cd (Proaño & Pozo, 2016), Estero el Macho, que tiene concentraciones de 0,95 mg/kg Cd (Ramírez, 2017); Puerto El Morro, con 2,99-4,99 mg/kg Cd (Mero, 2010); e Isla Santay, en donde se ha registrado 1,0 mg/kg Cd (Pernía et al., 2018; Mero et al., 2019). En Ecuador se han registrado 6 especies de mangles, los mangles mayores: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa* (éstos producen al híbrido *R. x harrisonii*), *Hilairanthus germinans*, *Laguncularia racemosa*; y, los mangles menores: *Pelliceria rhizophorae* y *Tabebuia palustris*, los mismos que están siendo afectados por la contaminación por Cd en los sedimentos de estas zonas manglicolas (Benavides et al., 2018; Cornejo, 2014). Este metal pesado puede llegar a la planta mediante la raíz y ser albergado en cualquier parte de la misma, produciendo un estrés oxidativo elevando o disminuyendo las moléculas antioxidantes de la planta (Idrees et al., 2015).

Según Ramírez (2002), el Cd reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: 1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente; 2. Bioacumulación; 3. Persistencia en el medio ambiente; 4. Viaja grandes distancias con el viento y a través de los cursos de agua. Así mismo, el Cd se puede acumular en el sedimento, donde se convierte en un elemento móvil y podría transferirse a las plantas, en éstas las altas concentraciones podrían generar inhibición del crecimiento y en el desarrollo de las raíces, clorosis y estrés oxidativo (Pernía et al., 2008). Con este antecedente, es indispensable estudiar el efecto de este metal pesado sobre los mangles y especialmente en aquellas especies nativas de la costa de Ecuador.

Con lo anteriormente mencionado, es de importancia determinar el efecto que posee el Cadmio en la germinación y crecimiento de las diferentes especies de mangles en Ecuador. Además, se busca proponer un nuevo límite máximo permisible para el Cadmio dentro de la legislación ecuatoriana actual que permita generar una alternativa metodológica para el manejo eficiente y saludable de estos ecosistemas.

## Materiales y Métodos

### Fase de Campo

#### Obtención y Recolección de muestras

Se estableció un total de seis puntos de muestreo,

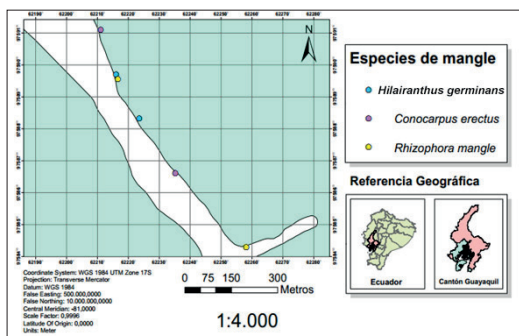


Figura 1. Puntos de muestreo.

fijándose tres puntos de muestreo por cada estación. Se obtuvo un total de 1.176 hipocótilos y semillas, distribuyéndose de la siguiente manera: *Rhizophora mangle* (336), *Hilairanthus germinans* (280) y *Conocarpus erectus* (560). Cabe indicar que las estaciones fueron escogidas debido a que facilitaron el acceso para la toma y el transporte de las muestras (Fig. 1).

Las muestras se colectaron manualmente utilizando guantes de examinación de nitrilo y fueron conservadas en fundas tipo ziploc con cierre hermético. Posteriormente, todas las muestras fueron rotuladas, guardadas y transportadas hasta el Laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN). Las identificaciones taxonómicas se realizaron en el herbario GUAY de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

### Fase de Laboratorio

#### Tratamiento de muestras y Procesamiento en laboratorio

Siguiendo la metodología recomendada por Moreno et al. (2013): Se seleccionaron los propágulos para luego lavarlos con agua destilada para remover hongos, tierra o cualquier residuo presente en su superficie. Posteriormente, se retiró manualmente la semilla para ser secadas en toallas de papel absorbente a temperatura ambiente.

Para la determinación del efecto del Cadmio sobre *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y *Conocarpus erectus* se utilizó el protocolo propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) 600/3-88/029 (Greene, 1988): la cual especifica que una vez listas las semillas, estas deben de esterilizarse remojándolas con NaClO por 30 minutos y posteriormente se lavaron con agua destilada 6 veces, para después ser embebidas por 24 h en distintas soluciones de cadmio.

Luego, se trabajó con concentraciones realistas de Cd reportadas en suelo ecuatoriano de 0.25, 0.50, 1, 2, 4 y 8 mg/L, usando agua destilada como testigo positivo. Cabe recalcar, que se realizó un diseño experimental al azar con cuatro réplicas para cada concentración (Pernía et al., 2018).

Para *Rhizophora mangle* se siguió la metodología usada por Pernía et al. (2018):

Una vez embebidas las muestras en un recipiente de 25 cm ancho x 25 cm de largo y 30 cm de altura, se colocaron 10 propágulos por envase junto con tres litros de agua destilada con su respectiva concentración de cadmio (0.25, 0.50, 1, 2, 4 y 8 mg/L), también se realizó mediciones de luces y pH durante 30 días, una vez transcurrido el tiempo de germinación, se midieron y pesaron los hipocótilos y las hojas obtenidas en el proceso, luego se llevó a una estufa a 30°C por 24h, transcurrido ese tiempo se volvió a pesar para obtener peso seco.

En cuanto a *Conocarpus erectus* y *Hilairanthus germinans* se trabajó usando la metodología propuesta por Pernía et al. (2018):

Una vez embebidas las semillas por cuadruplicado se colocaron 10 semillas por envase de plástico de 25 cm ancho diámetro y 10 cm de altura con tapa a la cual se le realizaron 10 perforaciones para permitir la entrada de aire. A los envases se les colocó una capa de papel filtro Whatman N°1, añadiéndole 5 mL de la concentración respectiva de CdNO<sub>3</sub> (Accustandard).

Los envases con las semillas fueron puestos en una cámara de germinación a 24 ± 1 °C, humedad (60 - 80 %), 2000 luz y un fotoperiodo de 12 horas por 30 días.

La longitud de las radículas e hipocótilos se midieron con un vernier calibrado (Stainless) a interdiario a partir de la primera germinación. Simultáneamente se llevó un control de la humedad y la temperatura (25° ± 1° C) con un termohigómetro y la luminosidad con un luxómetro (Kyoritsu).

Las concentraciones inhibitorias medias (CI50) para los bioensayos se determinaron utilizando el Programa Probit de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), empleando el método de interpolación lineal para toxicidad subletal y calculando la concentración de inhibición media de la longitud de la radícula (Pernía et al., 2018).

### Procesamiento de Datos

El porcentaje de germinación se determinó a diario según la fórmula de (Cokkizgin y Cokkizgin, 2010) (Cuadro 1), así mismo se calculó el tiempo medio de germinación (TMG) y la velocidad media de germinación (VMG) (Moreno et al., 2013).

Tabla 1. Fórmulas a utilizar en el cálculo de las variables de estudio.

Variable	Fórmula	Autor
Porcentaje de germinación (PG)	PG = número de semillas germinadas x100/número de semillas totales	Cokkizgin y Cokkizgin, 2010
Tiempo medio de germinación (TMG)	TMG = (x1 d1) + (x2 d2) + ... (xn dn)/Xn	Moreno et al., 2013
Velocidad media de germinación (VMG)	VMG = P1/T1 + P2/T2 + ... + Pn/Tn	Moreno et al., 2013

P = número de semillas germinadas; T = tiempo germinación; n = día último control; x1, x2, x15 = semillas germinadas día 1, 2,... n; d1, d2,... dn = días incubación; Xi = semillas germinadas por día de revisión; Xn = número total de semillas germinadas el último día de control; y Tn = último día del ensayo.

### Índice de tolerancia (IT)

El índice de tolerancia (IT) se determinó mediante la ecuación propuesta por (Wilkins, 1978):

$$IT = \frac{LRm}{LRC}$$

Donde:

LRm = es la longitud radical de las plántulas que crecieron en presencia del cadmio.

LRC = es la longitud radical de las plántulas en ausencia del cadmio.

### Índice integral de fitotoxicidad (IIF)

Se determinó la toxicidad del cadmio utilizando el índice integral de fitotoxicidad según la fórmula propuesta por Pernía et al. (2018):

$$IIF = 100 - \left( \frac{SGM}{SGC} \left( \frac{LRM + LHM}{\frac{LRC}{2} + \frac{LHC}{2}} \right) \right) 100$$

Donde:

SGM = número de semillas germinadas de la muestra, es el promedio del número de semillas germinadas en las cuatro réplicas para cada tratamiento (n = 4).

SGC = número de semillas germinadas del control, es el promedio del número de semillas germinadas en las cuatro réplicas del testigo (n = 4).

LRM = Longitud de la radícula de la muestra, es el promedio de la medición en centímetros de las radículas de 10 plántulas por réplica de cada tratamiento (n = 40).

LRC = Longitud de la radícula del control, es el promedio de la medición en centímetros de las radículas de 10 plántulas por réplica del testigo (n = 40).

LHM = Longitud del hipocótilo de la muestra, es el promedio de la medición en centímetros de los hipocótilos de 10 plántulas por réplica de cada tratamiento (n = 40).

LHC = Longitud del hipocótilo del control, es el promedio de la medición en centímetros de los hipocótilos de 10 plántulas por réplica del testigo (n = 40).

Este índice muestra los resultados de -100 a 100 pudiéndose interpretar como porcentaje, mostrando la inhibición de crecimiento con valores positivos y estímulo de crecimiento con valores negativos.

### Análisis estadístico

Los resultados se muestran como medias ± desviación estándar. Se analizó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Anderson-Darling y la

igualdad de varianza con el test de Levene. Para determinar si existían diferencias significativas en el porcentaje de germinación expuestas a las diferentes concentraciones de Cd se aplicó una prueba de ANOVA de una vía y test a Posteriori de Tukey ( $P \geq 0.05$ ). Para los datos no paramétricos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Para todos los análisis se utilizó el programa MINITAB versión 19.

## Resultados

### Efectos del Cd sobre la longitud del hipocótilo y la radícula

Durante el estudio para *Rhizophora mangle* se trabajó un total de 336 hipocótilos con 6 tratamientos de diferentes concentraciones de Cd más un blanco (agua destilada), dividiéndose 48 hipocótilos por tratamiento. Se observó mayores estímulos de crecimiento para los tratamientos de 0,25 ppm, 0,50 ppm y 1 ppm presentando una longitud de  $3,77 \pm 1,85$  cm,  $3,58 \pm 1,35$  cm y  $3,46 \pm 0,85$  cm respectivamente menores al testigo (4,18 cm). Aunque, se evidenció que el tratamiento de 2 ppm con una longitud de  $2,37 \pm 1,03$  cm presentó un menor estímulo de crecimiento que los mencionados anteriormente.

Por el contrario, la longitud de la radícula mostró un valor de  $3,17 \pm 1,11$  cm para el tratamiento de 0,25 ppm menor a la longitud del blanco (3,72 cm), así como los valores  $1,64 \pm 0,67$  cm para 0,50 ppm y  $0,57 \pm 0$  cm para 1 ppm, respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos de 2 ppm, 4 ppm y 8 ppm se obtuvieron valores nulos en cuanto a longitud.

Para *Conocarpus erectus* se utilizó un total de 560 semillas con 6 tratamientos de diferentes concentraciones de Cd más un blanco (agua destilada), dividiéndose 20 semillas por tratamiento, observándose un valor  $0,42 \pm 0,30$  cm para el tratamiento de 0,25 ppm mayor a la longitud del blanco (0,22 cm), así mismo se observó una longitud del hipocótilo de  $0,40 \pm 0,47$  cm para el tratamiento de 1 ppm también mayor al valor mostrado por el testigo, en cambio se observó una longitud del hipocótilo de

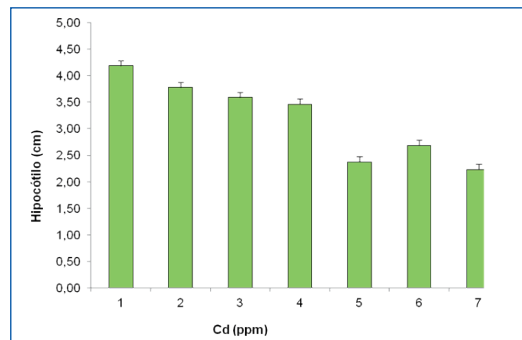


Figura 2. Longitud de hipocótilo de plántulas de *Rhizophora mangle* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media ± DS.

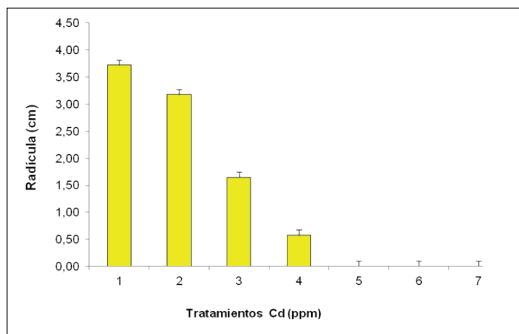


Figura 3. Longitud de las radículas de plántulas de *Rhizophora mangle* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

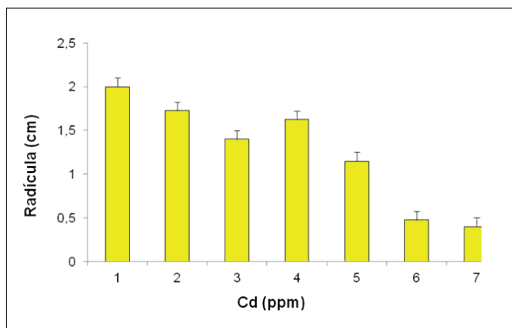


Figura 5. Longitud de las radículas de plántulas de *Conocarpus erectus* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

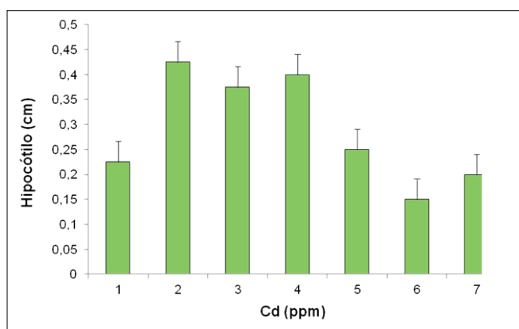


Figura 4. Longitud de hipocótilo de plántulas de *Conocarpus erectus* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

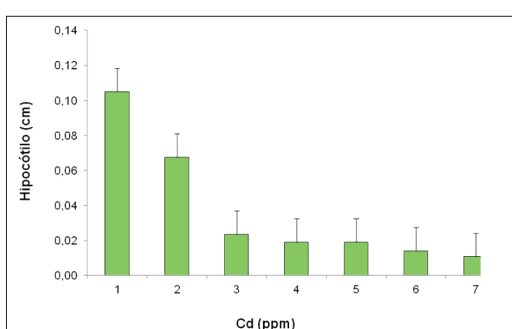


Figura 6. Longitud de hipocótilo de plántulas de *Hilairanthus germinans* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

0,15  $\pm$  0,17 cm para el tratamiento de 4 ppm menor a la longitud del blanco (0,22 cm).

En cuanto a la longitud radicular se detectó un valor en longitud de 1,75  $\pm$  1,38 cm para el tratamiento de 0,25 ppm (1) menor a la longitud del testigo (2 cm) y un valor 0,40  $\pm$  0,30 cm para el tratamiento de 8 ppm (6) que también es menor a la longitud del blanco. Además, se observó necrosis radicular en las muestras tratadas con 2, 4 y 8 ppm de concentración de Cd, respectivamente.

En *Hilairanthus germinans* se trabajó un total de 280 semillas con 6 tratamientos de diferentes concentraciones de Cd más un blanco (agua destilada), dividiéndose 40 semillas por tratamiento. Se evidenció mayor estímulo de crecimiento para el tratamientos de 0,25 ppm presentando una longitud del hipocótilo de 0,07  $\pm$  0,17 cm menor al testigo (0,11 cm). Así mismo, se observó que los tratamientos con 0,50, 1 y 2 ppm respectivamente el estímulo de crecimiento se mantiene constante y a su vez menores al blanco (0,11 cm).

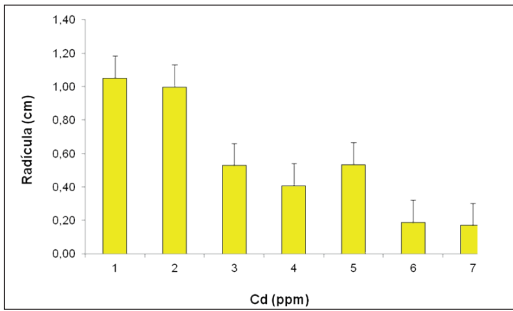
Por otra parte, se pudo observar para la longitud de la radícula un valor 1,00  $\pm$  3,66 cm para el tratamiento de 0,25 ppm igual al obtenido por el control (1,00

cm). No obstante, en los tratamientos siguientes se obtuvieron valores de longitud de la radícula menores al testigo (1,00 cm). Además, se observó una coloración marrón (necrosis radicular) en las raíces expuestas a concentraciones de 2, 4 y 8 ppm de Cd, respectivamente.

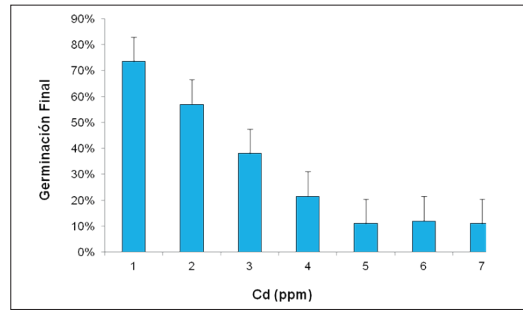
#### Efectos del Cd sobre la germinación de *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans* y *Conocarpus erectus*

En *Rhizophora mangle* se muestra que el mayor porcentaje de germinación se registró a 0,25 ppm de concentración de Cd (57%  $\pm$  0,25 %), sin embargo, es menor al obtenido en el control (74%  $\pm$  0,28 %). El menor porcentaje de germinación fue de 11%  $\pm$  0,27 % a 2, 4 y 8 ppm de concentración de Cd respectivamente, resultando en secuencia y significativamente menores al testigo (74%  $\pm$  0,28 %).

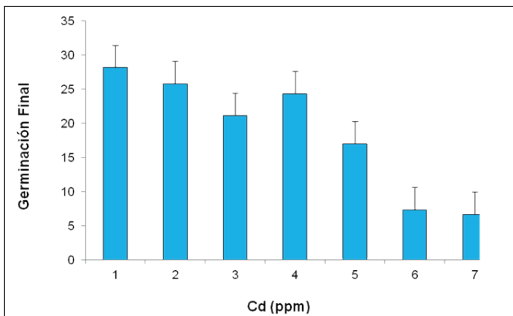
Por el contrario, se evidenció que el mayor porcentaje de germinación en *Conocarpus erectus* se registró para el control (28,16%  $\pm$  3,49 %), seguido por 0,25 ppm de concentración de Cd (25,83%  $\pm$  3,47 %). No obstante, el menor porcentaje de germinación se observó para las concentraciones de 4 y 8 ppm respectivamente y en secuencia (7,33%  $\pm$  3,50 %).



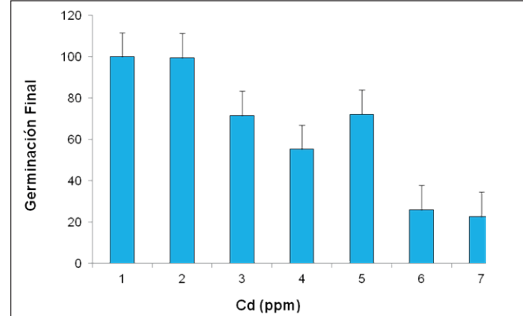
**Figura 7.** Longitud de las radículas de plántulas de *Hilairanthus germinans* en distintas concentraciones de Cadmio (ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.



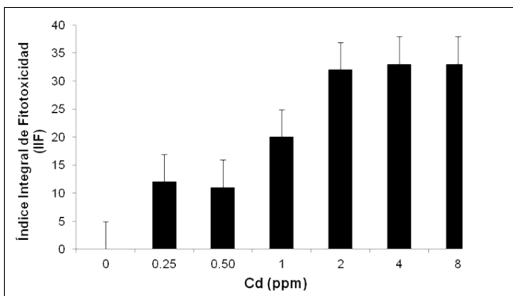
**Figura 8.** Porcentaje de germinación final de *Rhizophora mangle* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.



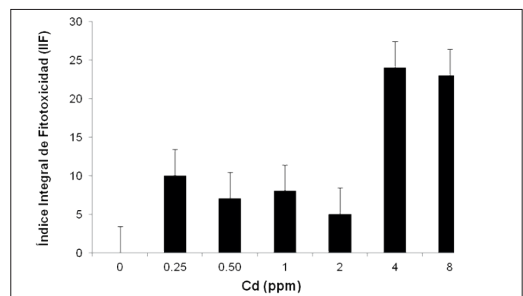
**Figura 9.** Porcentaje de germinación final de *Conocarpus erectus* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.



**Figura 10.** Porcentaje de germinación final de *Hilairanthus germinans* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.



**Figura 11.** Índice Integral de fitotoxicidad de las plántulas de *Rhizophora mangle* expuestas a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.



**Figura 12.** Índice Integral de fitotoxicidad de las plántulas de *Conocarpus erectus* expuestas a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

Para *Hilairanthus germinans* se muestra que el mayor porcentaje en germinación se registró en valores similares a 0,25 ppm de concentración de Cd (100%  $\pm$  31,50) y al control (100%  $\pm$  31,39 %), y a 2 ppm de concentración de Cd (72,56%  $\pm$  31,40). El menor porcentaje de germinación fue de 25,93%  $\pm$  31,49 a 4 ppm de concentración de Cd y de 22,71%  $\pm$  32,30 a 8 ppm de concentración de Cd, respectivamente, siendo significativamente menores al control.

#### Índice Integral de fitotoxicidad (Cd)

El Índice Integral de Fitotoxicidad (IIF) manifiesta la visión integral de la toxicidad del Cd, en *Rhizophora mangle* se aprecia que en todas las concentraciones de este metal pesado se presentó toxicidad, siendo los valores resultantes más altos para las concentraciones de Cd de 2, 4, 8 ppm con 33,1, respectivamente.

Del mismo modo, se obtuvo el Índice Integral de Fitotoxicidad (IIF) para *Conocarpus erectus*, se



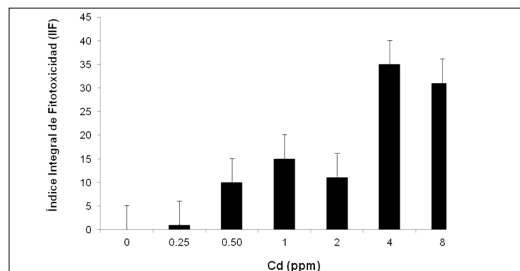


Figura 13. Índice Integral de fitotoxicidad de las plántulas de *Hilairanthus germinans* expuestas a diferentes concentraciones de Cd (0, 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8 ppm). Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media  $\pm$  DS.

pudo observar que todas las concentraciones de Cd presentaron toxicidad, y los valores más altos 24,1 y 23,6 se presentaron a 4 y 8 ppm, respectivamente. Así mismo, se obtuvo el Índice Integral de Fitotoxicidad (IIF) para *Hilairanthus germinans*, se pudo constatar que todas las concentraciones de Cd presentaron toxicidad, siendo los valores más altos 35,1 y 31,8 para 4 y 8 ppm de Cd, respectivamente.

## Discusión

El cadmio, metal pesado tóxico debido a sus diversas características puede llegar a las plantas mediante la raíz y se alberga en cualquier parte de la misma, produciendo un estrés oxidativo elevando o disminuyendo las moléculas antioxidantes de la planta haciendo indispensable estudiar el efecto de este metal sobre los mangles (Idrees et al., 2015). Por esta razón se trabajó con los hipocótilos y radículas de *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus* y *Hilairanthus germinans*, en donde se pudo constatar que la longitud del hipocótilo no fue un buen indicador de la toxicidad del Cd, debido a que los valores en longitud del hipocótilo de las plántulas de mangle expuestas a las diferentes concentraciones de Cd no mostraron diferencias significativas con respecto al testigo en cuanto a concentraciones menores.

Sin embargo, en los tratamientos con mayores concentraciones sí se observó diferencias significativas con respecto al testigo. Aunque, si se compara con los resultados obtenidos en por Liu et al. (2012), quienes observaron que las plantas de *Suaeda salsa* (Amaranthaceae) no germinaron (inhibición) al exponerlas a concentraciones de 0,1 -6,0 mg/L de Cd, las especies de mangles aquí estudiadas son más resistentes y esto podría deberse a que las muestras fueron obtenidas en zonas con antecedentes de contaminación por Cd (Estero Salado) y las mismas tienen tolerancia a dicho metal (Fernández-Cadena et al., 2014). Además, hay que considerar que se trabajó en condiciones específicas y controladas de laboratorio.

Por otra parte, la longitud de la radícula mostró afectación en cuanto a los datos obtenidos ya que esta se reducía conforme aumentaban las concentraciones

de Cd (2, 4, 8 ppm). Así mismo, se observó necrosis radicular (coloración café) en las raíces expuestas a altas concentraciones de Cd, fenómeno observado también por otros autores (Benavides et al., 2018; Vassilev & Yordanov, 1997), y estos últimos mencionan que los síntomas de fitotoxicidad se expresan más claramente en las raíces debido a que estas acumulan grandes concentraciones del metal pesado. Otros estudios demuestran que otras especies son más sensibles al Cd, tal como el realizado por He et al. (2008), quienes publicaron que existe un efecto marcado sobre el crecimiento de la radícula de plántulas de *Oryza sativa* (Poaceae) expuesta a 5 - 25  $\mu\text{mol} / \text{L}$  de Cd.

La germinación de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus* y *Hilairanthus germinans* no presentaron diferencias significativas hacia las menores concentraciones de Cd con respecto al blanco. No obstante, se observó que el porcentaje de germinación de las plántulas resultó menor con respecto al testigo en concentraciones mayores de Cd. Contrario a estos resultados, Benavides et al. (2018), registró a 4 mg/L de Cd ( $82,50 \pm 17,07$ ) y a 1 mg/L Cd ( $80,00 \pm 14,14\%$ ) al trabajar con *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*; sin embargo, este resultado podría deberse a que se trata de un género diferente de mangle y se trabajaron en condiciones controladas de laboratorio.

Así mismo, los mismos autores mencionados detallan que la germinación se ha descrito como un parámetro poco sensible a otros contaminantes como hidrocarburos y metil terbutil éter. Además, en el presente trabajo se utilizaron altas concentraciones de Cd de manera similar que en otros (An, 2004; Pernia et al. 2007), y no se observó inhibición de la germinación al utilizar altas concentraciones de Cd al igual que otros autores y en otras especies como: *Cucumis sativus* (Cucurbitaceae), *Sorghum bicolor*, *Triticum aestivum*, *Zea mays* (Poaceae), *Helianthus annuus* (Asteraceae), *Lens culinaris*, y *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae; op cit).

En cuanto al índice integral de fitotoxicidad (IIF), el cual nos puede mostrar los efectos del Cd sobre la germinación, el crecimiento de los hipocótilos y las radículas, se pudo obtener que todas las concentraciones de Cd presentaron toxicidad, más aún en las de mayor concentración (4 y 8 ppm) y a su vez estos resultados son similares a los datos hallados sobre IIF por Benavides et al., (2018), con 27,05 y 31,98, presentándose en las concentraciones de 0,5 y 8 mg/L Cd.

Finalmente, se puede concluir que el Cd es tóxico para *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus* y *Hilairanthus germinans* a niveles permitidos en la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas marinas y de estuario (0.5 ppm en sedimentos) (Texto Unificado de la legislación Ambiental). Además, cabe recalcar que estas especies se encuentran como vulnerables por la

pérdida de su hábitat y la contaminación de las zonas de manglar en el Ecuador.

## Conclusiones

Los estímulos de crecimiento de longitud de hipocótilo no presentaron diferencias significativas entre las concentraciones estudiadas de Cd para *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y el control. No así para *Conocarpus erectus* que presentó valores mayores al blanco.

La longitud de la radícula en concentraciones mayores de Cd (2, 4, 8 ppm) presentó valores nulos, en cambio para *Conocarpus erectus* se observaron valores menores al control al igual que para *Hilairanthus germinans*.

En *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y *Conocarpus erectus* se evidenció necrosis radicular en las raíces expuestas a concentraciones de 2, 4 y 8 ppm de Cd, respectivamente. Esto probablemente se debe a que los síntomas de fitotoxicidad se expresan más claramente en las raíces.

Los valores de porcentaje de germinación de *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y *Conocarpus erectus* en las distintas concentraciones de Cd se presentaron significativamente menores al testigo.

El Índice Integral de Fitotoxicidad (IIF) manifestó la visión integral de la toxicidad del Cd en *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y *Conocarpus erectus*, debido a que se confirmó que en todas las concentraciones del metal pesado se presentó toxicidad y así mismo que los valores más altos se obtuvieron en las concentraciones de 4 y 8 ppm, respectivamente.

## Recomendaciones

- Debido a que el Cd es tóxico para *Rhizophora mangle*, *Hilairanthus germinans*, y *Conocarpus erectus* en niveles permitidos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente (0.5 ppm en sedimentos), es necesario reducir el límite máximo permisible de toxicidad de Cd en el Texto Unificado de la legislación Ambiental de Ecuador.
- Continuar con la evaluación de cadmio mediante pruebas de laboratorio *in situ* usando las mismas concentraciones trabajadas.
- Realizar futuros estudios usando las mismas concentraciones trabajadas, pero con otros metales pesados (Hg, Cr, Ni, Pb, As, Zn).
- *Conocarpus erectus* posee una tasa de

germinación baja, por lo que se recomienda contrastar las condiciones controladas de laboratorio con condiciones *in situ*.

- Realizar otros estudios de germinación y crecimiento usando las mismas especies, pero con muestras de distintas zonas marino-costeras.

## Bibliografía

- An, Y.-J. 2004. Soil ecotoxicity assessment using cadmium sensitive plants. *Environmental Pollution*, 127: 21-26. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00263-X).
- Benavides, A., Del Pezo, R., Pernia, B., Mero, M., Cornejo, X., Magallanes, I., y Romero, B. 2018. Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae). *ECOVIDA*, 8: 64-83
- Burger, J. 2008. Assessment and Management of Risk to Wildlife from Cadmium. *Science of the Total Environment*, 389: 37-45
- Cokkizgin, A., y Cokkizgin, H. 2010. Effects of lead (PbCl<sub>2</sub>) stress on germination of lentil (*Lens culinaris* Medic) lines. *African Journal of Biotechnology*, 9: 8608-8612. Recuperado <https://doi.org/10.5897/AJB10,890>
- Cornejo, X. 2014. *Plants of the South American Pacific Mangrove swamps (Colombia, Ecuador, Perú)*, 312 p. Universidad de Guayaquil, Ed. Eduquil.
- Fernández-Cadena, J. C., Andrade, S., Silva-Coello, C. L., y De la Iglesia, R. 2014. Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin*, 82: 221-226. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.016>
- Flores, E. 2016. *Criterios metodológicos para la valoración económica de manglares del Ecuador*. Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22235/1/ESTUDIO%20MANGLAR%20REPOSITORIO.pdf>
- Foroughbakhch, R., Céspedes, A., Alvarado-Vázquez, M., Núñez-González, A., y Badii, M.H. 2004. Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el Golfo de México. *Ciencia UANL*, 7: 203-208. Recuperado de [http://eprints.uanl.mx/1414/1/art\\_manglares.pdf](http://eprints.uanl.mx/1414/1/art_manglares.pdf)
- Gómez-Pais, G. 2005. Importancia económico-ambiental del ecosistema manglar. *Economía y Desarrollo*, 138: 111-134.
- Greene, J.C., Bartels, W.J., Warren-Hicks, B.R., Parkhurst, G.L., Linder B.R., Peterson, S.A., y Miller, W.E. 1988. EPA/600/3-88/029, Protocols for short-term toxicity screening of hazardous waste sites, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U, S, Environmental Protection Agency, Corvallis, OR, 102 pp.
- He, J., Ren, Y., Zhu, C., y Jiang, D. 2008. Effects of Cadmium Stress on Seed Germination, Seedling Growth and Seed Amylase Activities in Rice (*Oryza sativa*). *Rice Science*, 15: 319-325. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(09\)60010-X](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(09)60010-X)
- Idrees, S., Shabir, S., Ilyas, N., Batool, N., y Kanwal, S. 2015. Assessment of cadmium on wheat (*Triticum aestivum* L.) in hydroponics medium. *Agrociencia*, 49: 917-929.
- Lacerda, L.D., Martinelli, L.A., Rezende, C.E., Mozeto, A., Ovalle, A.R., Victoria, R.L., Silva, C.A., y Nogueira, F.B. 1988. The Fate of Trace Metals in Suspended Matter in a Mangrove Creek during a Tidal Cycle. *The Science of the Total Environment*, 75: 169-80.
- Liu, S., Yang, C., Xie, W., Xia, C., y Fan, P. 2012. The effects of cadmium on germination and seedling growth of *Suaeda salsa*. *Procedia*, 16: 293-298. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.10.041>

- Mero, M. 2010. *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil*. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.
- Mero, M., Pernia, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., y Egas, F. 2019. Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea canaliculata* en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 35: 623-640, DOI: 10,20937/RICA,2019,35,03,09
- Moreno, E., Miranda, D., y Martínez, F. 2013. Zeatin promotes sugar apple seed germination (*Annona squamosa* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7: 9-19.
- Pernia, B., Raimúndez, E., y Castrillo, M. 2007. Resultados preliminares del efecto de la contaminación por cadmio en la germinación de algunas especies de plantas de cultivo en Venezuela. In *XVII Congreso Venezolano de Botánica*. Maracaibo, Venezuela.
- Pernia, B., De Sousa, A., Reyes, R., y Castrillo, M. 2008. Biomarcadores de contaminación por cadmio en plantas. *Interciencia*, 33: 112-119.
- Pernia, B., Rojas-Tortolero, D., Sena, L., De Sisto, A., Inojosa, Y., y Naranjo, L. 2018. Fitotoxicidad de hap, crudos extra pesados y sus fracciones en *Lactuca sativa*: Una interpretación integral utilizando un índice de toxicidad modificado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34: 79-91. Recuperado de <https://doi.org/10,20937/RICA,2018,34,01,07>
- Pernia, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez-Prado, N., Ramírez, L., Bravo, K., Zambrano, J. 2018. Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9: 89-105. Recuperado de <https://doi.org/10,29019/enfoqueute,v9n2,246>
- Proaño, M., y Pozo, F. 2016. *Análisis espacial de concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos de la reserva ecológica Manglares de Churute*, 72. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio,ug,edu,ec/handle/redug/14817>
- Ramírez, A. 2002. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 63: 51-64
- Ramírez, N. 2016. Determinación de cadmio en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo mediante el estudio de concentraciones en agua, sedimento y en el caracol manzana, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Caenogastropoda: Ampullariidae). Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil.
- Ramírez, A. 2017. *Determinación de Cadmio y Plomo en agua y sedimento del estero "El Macho" de la ciudad de Machala*. Tesis de Grado para la obtención de título de Ingeniero Ambiental, Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio,ug,edu,ec/handle/redug/18532>
- Revis, N.W., Zinsmeister, R., y Bull, R. 1981. Atherosclerosis and Hypertension Induction by Lead and Cadmium Ions: An Effect Prevented by Calcium Ion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 78: 6494-6498.
- Richardson, M.E., Fox, D., y Fry, B.E. 1974. Pathological Changes Produced in Japanese Quail by Ingestion of Cadmium. *The Journal of Nutrition*, 104: 323-338.
- Stoother, K.E. 2011. Coastal resources and the early Holocene Las Vegas adaptation of Ecuador, In: *Trekking the Shore* (pp. 355-382), Springer, New York, NY.
- Ulanie-Rosas, C., Correa, D., Villegas-Sánchez, C. y Carrillo-Bastos, A. 2018. Los manglares y su importancia para las pesquerías en Quintana. *Revista AvaCient*, 5: 89-95.
- Vannucci, M. 2001. What is so special about mangroves. *Brazilian Journal of Biology*, 61: 599-603.
- Vassilev, A. y Yordanov, I. 1997. Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium-treated plants: a review. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 23: 114-133.
- Vásquez, R., Bastardo, A., y Mundarain, I.K. 2005. Ensayo de Toxicidad Aguda CL50-96h con acetato de cadmio y parámetros hematológicos en el híbrido cultivado *Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Tropical*, 23: 247-257.
- Wilkins, D.A. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth, *New Phytologist*, 80: 623-633.

## Biología Reproductiva del mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador

Reproductive biology of the red mangrove  
(*Rhizophora mangle* L.) Puerto El Morro,  
Guayas Province, Ecuador

Zoila Peña Villagómez<sup>1\*</sup> & Carmita Bonifaz Balseca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consultor independiente, Fundación GAIA, Tlf. 0939809988

<sup>2</sup> Universidad de Guayaquil, Herbario GUAY, Facultad de Ciencias Naturales, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (campus Mapasingue), Guayaquil-Ecuador

Recibido de agosto 2020; recibido en forma revisada 26 de agosto 2020, aceptado 3 de octubre 2020  
Disponible en línea 20 de diciembre 2020

### Resumen

El estudio de la Biología reproductiva del mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador, tiene por objetivo determinar que la especie es hermafrodita, describiendo sus órganos reproductivos, su estado y proceso de maduración en la flor, desde capullo hasta la antesis, estableciendo las características morfológicas y tamaño de estos. Además, de clasificar el estado reproductivo con respecto a las otras especies de mangle rojo en los manglares de Puerto El Morro, que al momento mantiene pocos árboles de *R. mangle* florecidos y una relación baja de representatividad en los manglares de Puerto El Morro. Para tal efecto, se realizaron dos parcelas correspondientes a 0,25 ha., tanto a la entrada del canal como a la salida del canal de El Morro, lo cual permitió establecer la morfología de *R. mangle*, su densidad y volumen en cada parcela y en relación con las otras especies de manglares rojos presentes.

**Palabras claves:** Hermafrodita, manglares, morfología, representatividad, *Rhizophora mangle*.

### Abstract

The study of the reproductive biology of the red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) in Puerto El Morro, Guayas Province, Ecuador, aims to determine that the species is hermaphrodite, describing its reproductive organs, its state and maturation process from flower bud to anthesis, establishing the respective morphological characteristics and sizes. In addition, to classify the reproductive status with respect to the other species of red mangrove in Puerto El Morro mangroves, which currently maintains few flowered *R. mangle* trees and a low representativeness ratio in the mangroves of Puerto El Morro. For this purpose, two plots corresponding to 0.25 ha were made, both at the entrance and exit of the canal El Morro channel, which allowed establishing the morphology of *R. mangle*, its density and volume in each plot, and in relation to the other related species of red mangroves present.

**Keywords:** hermaphrodite, mangroves, morphology, representativeness, *Rhizophora mangle*.

### Introducción

Se considera a los manglares entre los ecosistemas de mayor importancia de la biósfera, con significativos aportes de bienes y servicios a nivel mundial. Se encuentran en zonas cálidas, desarrollándose principalmente donde hay esteros, bahías y deltas de ríos que desembocan al mar (Charcape-Ravelo & Moutarde, 2005).

En América se distribuyen del lado del Océano Pacífico desde los 30°15' N hasta los 5°34' S, esto incluye desde

el noroeste de México en el estado de Sonora hasta el departamento de Piura en Perú; del lado del Atlántico se distribuye desde la zona norte de Florida en Estados Unidos hasta el sur de Brasil desde aproximadamente 30° N hasta los 25° S (Charcape-Ravelo & Moutarde, 2005).

Los bosques salados o humedales costeros forman un tipo de asociación vegetal halófila, constituida por árboles perennifolios con raíces fúlreas, las mismas que le dan una fisionomía arquitectónica muy típica. Colonizan zonas que se encuentran anegadas y

\* Correspondencia del autor:  
E-mail: zoipvillagomez@hotmail.com



según el tipo de ubicación en las costas tropicales y subtropicales; se los denominan manglares ribereños, de borde y de cuenca (Ortiz-Reyes et al., 2018).

Son ecosistemas de importancia por su gran producción de biomasa y energía (carbono orgánico). La materia orgánica que cae es degradada con mucha facilidad, sirviendo de nutrientes para los organismos que lo habitan. Además, los manglares contribuyen a la mitigación del cambio climático, debido a que constituyen sumideros de carbono (Lozano Torres, 2007).

Estas asociaciones arbóreas se desarrollan en suelos fangosos, anaeróbicos, en aguas de alta salinidad o salobres, mareas cambiantes, ingresando en ocasiones hasta el interior continental donde el medio sea apropiado para su óptimo desarrollo. Están constituidos por especies vegetales particulares que cuentan con adaptaciones morfológicas y fisiológicas para su desarrollo en condiciones extremas, siendo plantas altamente resistentes a la salinidad (De la Cruz-Francisco, 2012).

Entre los servicios ambientales que proveen sirven de barreras para los vientos, control de inundaciones, evitan la erosión, resisten baja concentraciones de oxígeno y suelos inestables, y son de gran importancia económica, cultural y científica. Estos ecosistemas costeros poseen una gran productividad, son la base principal del ciclo de vida de una enorme diversidad biológica de flora y fauna; brindan hábitat, refugio, son sitios únicos de anidación y alimentación para una gran diversidad de especies marinas y terrestres, necesarios para el desove y crianza de vertebrados como peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, e invertebrados como crustáceos, moluscos, etc... (Ortiz-Reyes et al., 2018).

Conocer el funcionamiento natural del ecosistema manglar con sus procesos reproductivos, además de sus servicios ambientales de regulación ecosistémica, ha contribuido al conocimiento de estos para la sostenibilidad de sus poblaciones (Yáñez-Arancibia et al., 1999; Farnsworth et al., 1996).

Los manglares se adaptan a un tipo generalizado de polinizadores, la capacidad de los manglares para convertir las visitas florales en la fertilización de flores y la producción de frutos es un proceso muy importante y necesario para el mantenimiento de estos biomas existentes (Raju, 2016). La biología reproductiva de los manglares presenta características pioneras como la autocompatibilidad y la utilización de una variedad de polinizadores, distribución amplia y semillas de amplio radio de dispersión (Tarcila & Machado, 2014).

Los manglares comprenden aproximadamente 70 especies agrupadas en 16 familias alrededor del mundo (Ortiz-Reyes et al., 2018). Rhizophoraceae es una de las familias que caracterizan a los manglares, sus flores son principalmente anemófilas, aunque

también son visitadas con poca frecuencia por insectos como abejas, mariposas, y hasta aves. Las flores de Rhizophoraceae poseen pistilo y androceo, es decir son hermafroditas, siendo su polen disperso principalmente por el viento (CABI, 2019).

En Ecuador, los manglares ocupan aproximadamente 157.094,28 ha, florísticamente se encuentran caracterizados por especies de manglares mayores: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. x harrisonii*, *Laguncularia racemosa* var. *racemosa*, *L. racemosa* var. *glabriflora* y *Hilairanthus germinans* (Cornejo, 2014).

Estudios florísticos, estructurales y taxonómicos han sido realizados para Rhizophoraceae a lo largo del Neotrópico, Pacífico y Centroamérica (Prance, 2018; Jiménez, 2004); además de estudios de polinización influenciados por periodos lluviosos y viento en relación con su incidencia en la producción de flores (Sánchez Núñez, 2015; Tarcila y Machado, 2014).

En Ecuador se han llevado a cabo algunas observaciones sobre el desarrollo del manglar que han contribuido al conocimiento florístico y estudios taxonómicos han permitido conocer sobre las especies que conforman las asociaciones vegetales de manglar (Cintrón et al. 1981; Cornejo, 2014). Sin embargo, no hay muchas investigaciones sobre la biología reproductiva de las especies que caracterizan al manglar, aunque algunos trabajos mencionan observaciones de la biología reproductiva en particular de *Rhizophora mangle* L., indicando aspectos de su fenología y descripciones morfológicas (Cornejo 2014, Ministerio del Ambiente 2010). Sin embargo, estudios de la biología reproductiva de las especies de mangle son requeridos.

El comportamiento reproductivo en *R. mangle*, ha sido descrito desde su capullo floral hasta el momento en que comienza la antesis, pasando por un proceso progresivo de días para la apertura de la flor y maduración de sus órganos reproductivos, la misma, aunque es hermafrodita y protándrica, no se encuentra receptiva al mismo tiempo (Tarcila Nadia et al., 2014; Cornejo, 2014).

La capacidad reproductiva entendida como la magnitud de floración relacionada con el tipo fisiográfico de manglar y la especie de mangle, ha permitido entender cuántas flores se transformarán en frutos y propágulos (Sánchez Núñez, 2009).

El presente estudio se enfoca particularmente en analizar la biología reproductiva de *R. mangle* en los manglares de Puerto El Morro, en la provincia del Guayas, en la costa de Ecuador. Los resultados permitirán esclarecer la identidad reproductiva de esta especie en los manglares de borde de este sector, además de clasificar su biología reproductiva dentro de cuadrantes permanentes a la entrada y salida del Canal del Morro, permitiendo establecer si *R. mangle* es la especie dominante en la fisonomía de estos

manglares. Los resultados que se presentan son una contribución a la conservación de sus poblaciones en las áreas naturales de manglar del país y un aporte a la conservación y manejo de los manglares rojos.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El presente trabajo se realizó en Puerto El Morro localizado a  $80^{\circ}19'33.24''$  W y  $2^{\circ}38'5.1''$  S, con un rango altitudinal de 0 - 28 metros, ubicado en el Recinto Puerto el Morro a 2 horas de la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas, a 9 Km. del balneario General Villamil-Playas, en la parte norte del Golfo de Guayaquil muy cerca de la isla Puná donde inicia el canal El Morro, de 3 kilómetros de ancho, que es la vía de acceso de las embarcaciones al golfo y al puerto de Guayaquil

Posee 10.130,16 hectáreas de extensión que incluyen bosques de manglares, esteros y canales naturales. El clima de Puerto El Morro es desértico tropical, durante el año hay poca lluvia, la temperatura promedio anual se encuentra entre  $23^{\circ}$  y  $25^{\circ}$ C., con una precipitación aproximada de 500 mm al año (Soto, 2010). Tiene dos sectores: la parte continental que abarca 2.094 hectáreas alrededor de los esteros El Morro y el Salado, y una parte insular la que abarca aproximadamente 8.000 hectáreas, comprendiendo un complejo de islas, y formaciones rocosas llamados Farallones del canal de Morro (MAE, 2014). En estos manglares se establecieron dos parcelas, la una a la entrada del canal y la otra a la salida del canal del Morro (Fig. 1).

## Metodología

### Metodología de Campo

Para analizar la biología reproductiva de *Rhizophora mangle* en Puerto El Morro se procedió a establecer dos parcelas de  $50 \times 50$  m<sup>2</sup> en un sector hacia adentro del Canal El Morro llamado Estero Olmos y la otra parcela hacia afuera del Canal El Morro denominado la Islita, con la finalidad de levantar la información requerida, en áreas muestréales de 0,25 hectáreas de manglar, pero en distintos sectores del ecosistema manglar de Puerto El Morro.

En cada parcela se procedió a georreferenciar cada punto de la parcela con un GPS Garmin la cual fue delimitada (encerrada) completamente por una cuerda de nylon (Fig. 2), una vez realizado esto se comenzó la marcación de cada individuo del cuadrante con fichas plásticas, las mismas que se las amarró en cada árbol.

Las medidas dasométricas, tomadas constituyen el diámetro (Diámetro a la altura del pecho o DAP) y la altura total de cada árbol de mangle, el DAP fue medido con una cinta diamétrica, la misma que tiene marcada la medida directa de superficie, la altura fue estimada en función de referencias objetivas.

Una vez que fueron numerados todos los árboles de la parcela y debido al complejo sistema formado por la arquitectura de las raíces de los manglares, se utilizó binoculares para observar la inflorescencia de *R. mangle*, debido a la dificultad del desplazamiento

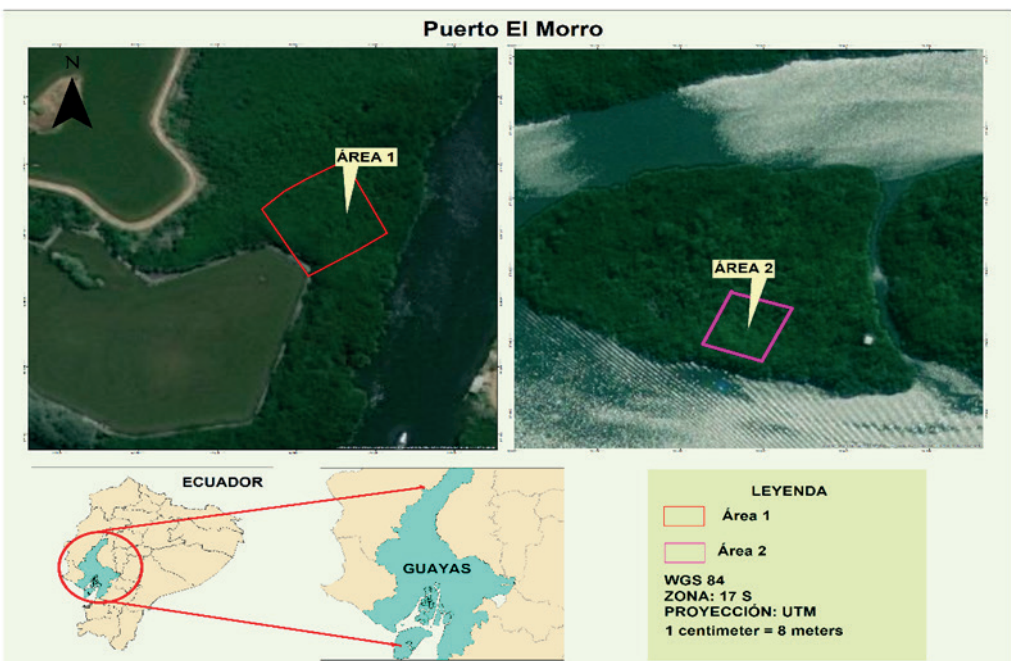


Figura 1. Ubicación de las dos parcelas en Puerto El Morro. Fuente: Eva Moncada 2020.



Figura 2. Delimitación de Parcela



Figura 3. Estipula terminal de *Rhizophora mangle*.

entre las raíces, para luego proceder a recolectar las muestras de flor de los árboles respectivos.

En campo, se utilizó estrategias de observación, debido a que en el mismo cuadrante había otras especies de mangle y fisonómicamente todos los árboles se parecen. La diferencia se enfocó entre especies de mangle, por características morfológicas muy particulares como su inflorescencia a nivel de pedicelos, ya que *R. mangle* posee pedicelos articulados (2) con pocas flores, mientras que *R. racemosa* presenta pedicelos articulados (3) con mayor cantidad de flores y el híbrido *R. x harrisonii* presenta pedicelos (4) con abundantes flores. Se elaboró una clave para la observación de campo de las *Rhizophora* destacando su número de flores y tamaño. Adicionalmente de cada parcela, se recolectó muestras de agua y lodo en ambos sectores en pleamar y bajamar, para tener los valores de salinidad de agua y salinidad intersticial del lodo.

#### Metodología de Laboratorio

Las muestras de flores de *R. mangle*, previamente recolectadas y preservadas en frascos con alcohol de 70°, se las llevó al laboratorio y con ayuda de un estereoscopio se procedieron hacer los cortes histológicos y las mediciones respectivas de los diferentes estadios reproductivos (masculino y femenino) en cada una de las flores y en cada inflorescencia, procediendo a realizar cortes exactos transversales y longitudinales para cada una de las partes reproductivas.

Los cortes transversales y longitudinales se realizaron en flores tanto a nivel de prefloración o capullo floral, así como en flores abiertas. Se observó el perianto, tomando medidas de los tamaños de sépalos y pétalos. A nivel de gineceo se observó la posición del ovario con respecto al cáliz, se realizó la medición de los óvulos, cuantificación de su número y verificación de su estado de madurez; en los carpelos se observó la cantidad de óvulos y la ubicación de estos en el carpelo. Los cortes longitudinales permitieron observar los óvulos y su placentación. A nivel de androceo, se pudo observar el estado de los estambres y anteras

presentes. Las mediciones también fueron hechas en su estructura externa a nivel de la inflorescencia (flores y prefloraciones) pedúnculos, pedicelos, hojas, y estipulas terminales (Fig. 3).

#### Resultados

##### Descripción de características reproductivas del *Rhizophora mangle*

##### Resultados de campo

Las característica reproductivas observables fueron descritas con una clave sencilla elaborada en base a las características morfológicas observadas en campo, la misma que permitió diferenciar en campo las especies de *Rhizophora* dentro de la parcela, esta se presenta a continuación.

Clave elaborada para reconocer *Rhizophora mangle* en campo

1. Flores 2 a 4 por inflorescencia, cada una de aproximadamente 1 cm.....*R. mangle*
  2. Flores 5 o más por inflorescencia
    - 2.1 Flores de 1 cm (medianas).....*R. racemosa*
    - 2.2 Flores hasta 1.5 cm (grandes)...*R. x harrisonii*
- Elaborada: Peña, 2020

##### Descripción morfológica de campo de *Rhizophora mangle*

Hojas opuestas, simples, glabras; peciolos de 1.2 a 3 cm de largo; lámina elíptica hasta oblonga, 8 a 10 cm de largo y 4 a 5 cm de ancho, ápice obtuso, color verde-olivo, lustrosas en el haz, agrupadas hacia la parte terminal de la rama; estípulas 2, terminales, envueltas entre sí en disposición estrechamente cónica, lustrosas, lanceoladas, de 4 a 6 cm de largo, con presencia de coléteres basales en su interior, dejando cicatrices anulares en las ramas al caer. Flores protándrica, lo cual se puede observar a simple vista, el androceo siempre se encuentra maduro mientras que el pistilo no presenta receptividad.



Figura 4. Corteza de *R. mangle* en Puerto El Morro.

En el área de estudio objetivamente *Rhizophora mangle* es una especie que presenta árboles de tamaño mediano, con raíces aéreas en forma de zancos arqueadas o fúlcreas y adventicias. Los troncos son rectos con corteza rugosa gris o marrón y con presencia de placas que se observan en forma de escamas, siendo su parte interna de color rojo (Fig. 4).

#### Resultados de Laboratorio

Las Inflorescencias colectadas en los individuos de *R. mangle* presentes en las parcelas son cimosas y en un proceso progresivo de apertura de la flor (Fig. 5), poseen de 2 a 4 flores, de 4 a 7 cm de largo, pedúnculo de 2 a 5 cm, pedicelo de 1 a 2 cm de largo (Anexo 1). Los capullos florales poseen forma ovada-elíptica con ápice agudo, presentan 5 a 8 mm de largo; son hermafroditas (Anexo 2), poseen Hipantio (Fig. 6), de 2.5 mm. El cáliz está constituido por 4 sépalos, cada uno de 4 mm de ancho por 9 mm de largo, coriáceos, lanceolados, glabros. La corola posee 4 pétalos libres de 4 mm de largo, lanceolados, abundante pubescencia marginal. El androceo posee 8 estambres, 4 estambres son epipétalos y 4 estambres son alternipétalos, las anteras son sésiles, de 3.5 a 5 mm de largo. El gineceo posee estigma bifurcado de 5 mm, estilo cónico, ovario semi-inferior de 3 mm, los óvulos son 4, de color crema; los carpelos son 2 de 2 mm, fusionados, la placentación es apical (Anexo 3).

Cuando el estigma bifurcado está receptivo los óvulos presentan una forma redondeada, grande y de color

crema y cuando el estigma no está receptivo, el ovario y los óvulos son de tamaño inferior en comparación cuando están maduros.

La salinidad fue medida con un salinómetro o refractómetro, en las muestras de agua recolectadas en las dos parcelas, tanto en pleamar como en la bajamar y del lodo para su análisis intersticial, dando en los dos cuadrantes una salinidad de 32 ppm en bajamar y 30 ppm en pleamar. La salinidad intersticial del suelo es de 35 ppm.

#### Clasificación de la Biología reproductiva del *Rhizophora mangle*

Las dos parcelas permanentes establecidas en los manglares del Puerto el Morro representan unidades muestrales de 0,25 hectáreas, la una en el Estero Olmos en la entrada del canal, y la segunda en el sector la Islita en la salida del canal, con un total de 34 (Anexo 4) y 18 (Anexo 5) individuos respectivamente. En la parcela del Estero Olmos el 70% de los manglares presentan categorías diamétricas entre 7 a 13 cm de DAP (Tabla 1), poseen una fisonomía de árboles delgados con muchas raíces fúlcreas entrelazadas. En cuanto a la distribución los individuos están repartidos desde el borde del manglar en transición a tierra más firme hacia adentro del área de suelo con una típica formación de manglar de borde; con individuos que forman un área basal de 1.8 m<sup>2</sup>, denotando una densidad elevada de individuos de manglares jóvenes (Fig. 7).

El 47% de los individuos presentes en la parcela poseen alturas entre 9 a 11 metros, con un volumen total de 21 m<sup>3</sup> (Tabla 2).

Correspondiendo a *R. mangle* el 9% (Gráfico 1) de los individuos presentes en la parcela, con categorías diamétricas que van de 6.5 a 8.2 cm de DAP, y con alturas que van de 8 a 10.5 metros, con un área basal de 0.085 m<sup>2</sup> y con un volumen total de 0.832m<sup>3</sup>, siendo su representatividad de 4,5% en la parcela.

En la parcela de la Islita (afuera del canal del Morro) el 39% de los manglares presentan categorías diamétricas entre 20 a 24 cm de DAP, con un área basal de 1.7 m<sup>2</sup> (Tabla 3). Los individuos presentan un patrón de distribución continuo desde un borde hasta otro



Figura 5. Inicio de la antesis en *R. mangle*.

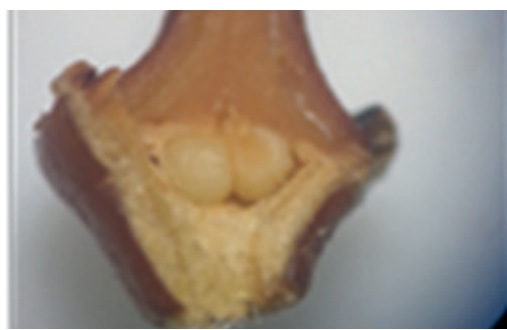


Figura 6. Hipantio de *R. mangle*.



Tabla 1. Área basal de los individuos, Estero Olmos.

Clase diamétrica	Número de árboles	Área basal total de la clase diamétrica (m <sup>2</sup> )
0-6.99	1	0,027
7-13.99	24	1.053
14-20.99	6	0.403
21-27.99	2	0.213
28-34.99	0	0
35-41.99	1	0.203
	34	1.872

Tabla 2. Volumen total de los individuos, Estero Olmos

Altura	Número de árboles	Volumen (m <sup>3</sup> )
0-2.99	0	
3-5.99	0	
6-8.99	7	1.765
9-11.99	16	7.408
12-14.99	11	11.958
	34	21.131

Tabla 3. Área basal de los individuos, la Islita.

Clase diamétrica	Número de árboles	Área basal total de la clase diamétrica (m <sup>2</sup> )
0-4.99	0	
5-9.99	1	0.021
10-14.99	3	0.156
15-19.99	6	0.511
20-24.99	7	0.900
25-29.99	1	0.123
	18	1.711

Tabla 4. Volumen total de los individuos, La Islita.

Altura	Número de árboles	Volumen (m <sup>3</sup> )
0-3.99	0	
4-7.99	2	0.378
8-11.99	5	3.774
12-15.99	6	6.776
16-19.99	5	12.423
	18	23.351



Figura 7. Perfil fisionómico de manglar de borde de Puerto El Morro, Estero Olmos.

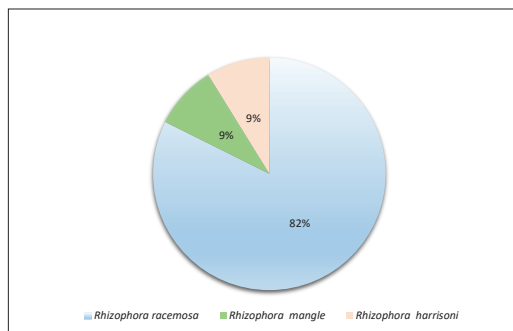


Figura 8. Especies presentes, parcela 1, Estero Olmos.

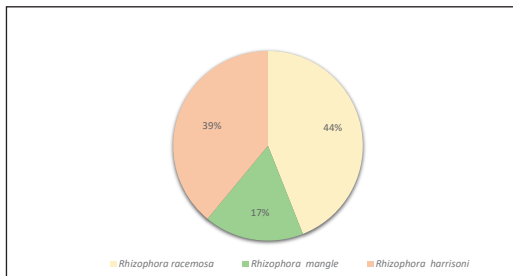


Figura 9. Total, de especies presentes, parcela 2, La Islita.

borde, no hay transición hacia tierra firme, dándole una fisonomía de árboles un poco más gruesos que los de El Estero Olmos, siendo muy parecido el aspecto de entrelazamiento de sus raíces, aunque con un desarrollo un poco mayor (Fig. 8).

El 33% de individuos de mangle presenta alturas entre 2 a 15 metros, siendo su área basal total o densidad de 1.7 m<sup>2</sup> y su volumen total de 23 m<sup>3</sup> (Tabla 4).

Correspondiendo a *R. mangle* el 17% (Gráfico 2) de los individuos presentes en la parcela con categorías diamétricas que van de 22 a 28 cm de DAP, y con alturas que van de 9 a 12 metros, con un área basal de 0.339 m<sup>2</sup> y su volumen total de 3.342m<sup>3</sup>, siendo su representatividad de 20% en la parcela.

## Discusión

En *Rhizophora mangle* la cantidad de flores en su inflorescencia y su morfología hermafrodita ha sido un carácter utilizado para describir la especie (Prance, 2018; Cornejo, 2014). Siendo, inadecuado reportar la existencia de árboles de mangle hembra

y mangle macho (Hilgert y Cárdenas, 2004, en el Plan de Manejo de Manglares El Morro), presumiendo que dicha especie es monoica. Por lo cual con el presente trabajo queda demostrado que las flores de *R. mangle* son hermafroditas.

Hablar de la biología reproductiva en *Rhizophora mangle* involucra el desarrollo del hipantio en flores con ovario semi-infero desarrollándose a supero (Cornejo 2014), dicha característica es observable en los cortes longitudinales realizados en las flores analizadas de esta especie. El ovario semi-infero es más obvio observar cuando se retiran los sépalos que cubren a la flor y, además, se puede apreciar el anillo que circunda al ovario.

Cornejo, 2014 describe que en *R. mangle* la maduración de los estambres se produce mientras se encuentra en el capullo floral, indicando que la coloración externa de la prefloración tiene una progresión de color verde a color banana. Sin embargo, en los manglares de Puerto El Morro, las prefloraciones se mantienen verdes y sus estambres en condición de maduración abierta una vez abierta la flor.

Algunos han indicado que la magnitud de floración se encuentra relacionada con el tipo fisiográfico de manglar y la especie de mangle (Sánchez Núñez, 2009), lo cual debería ser mejor analizado, pues en los manglares de Puerto El Morro es más dependiente de la especie de mangle y el periodo.

Aunque, el presente estudio se realizó en un lugar del Golfo de Guayaquil, como los manglares de Puerto El Morro, sin embargo, la dinámica de floración podría estar supeditada a los periodos de más o menos lluvia que a la fisiografía del manglar, jugando un papel muy importante el desarrollo del manglar en la incidencia de su capacidad reproductiva.

## Conclusiones

*Rhizophora mangle* es una especie hermafrodita, sus flores presentan ambos sexos gineceo y androceo en la misma flor.

*Rhizophora mangle* posee flor protándrica, pues el androceo madura antes que el pistilo.

En *Rhizophora. mangle* el hipantio está presente en la estructura de las flores de esta especie tanto con ovario semi-infero como con ovario infero.

*Rhizophora mangle* presenta cuatro óvulos de color crema, dos en cada lóculo.

La prefloración se mantiene de un color verdoso y no presentó variación de coloración hacia amarillo para indicar la madurez del capullo floral.

Los individuos de *Rhizophora mangle* presentan poca floración en el periodo seco del mes de agosto.

*Rhizophora mangle* no caracteriza fisonómicamente a

los manglares de Puerto El Morro, esto se concluye por la cantidad de individuos presentes en las parcelas muestreadas y su área basal individual y total en los dos sectores del área de estudio, en relación con el número total de individuos.

En cuanto a la fisonomía, los manglares de Puerto El Morro muestran mangles jóvenes hacia la parte interior del canal y con muchas raíces entrelazadas dando un aspecto muy denso (Anexo 6), y mangles más desarrollados hacia afuera del canal del Morro, por lo cual es razonable entender que dicha fisonomía está dada por la función a cumplir de las raíces fúlcreas, las cuales son más fuertes en los mangles menos jóvenes, y las mismas cumplen con la función de decantar la sal del agua de mar.

## Recomendaciones

- El Plan de Manejo de Puerto El Morro, debe ser corregido en cuanto a la descripción botánica de *Rhizophora mangle* L., debiéndose indicar que la diferencia morfológica de las especies de mangle está dada por las características morfológicas propias de cada especie.
- Estudios de biología reproductiva de *R. mangle* deben ser realizados mínimo durante un año, abarcando los periodos con lluvia y otro sin lluvia.
- Las parcelas permanentes establecidas en el Estero Olmos y La Isleta deben ser monitoreadas con el fin de proporcionar más datos de la biología reproductiva de *R. mangle* en los manglares El Morro.
- Observaciones fisonómicas deben realizarse periódicamente a fin de entender la dinámica poblacional de estos manglares y que esto sirva para los usuarios del sector para entender objetivamente si el manglar está o no en proceso de recuperación.
- Estudios de captura de carbono en los manglares de Puerto El Morro deberían ser realizados, para entender su función del servicio ambiental que prestan estos ecosistemas en cuanto a la calidad del aire.

## Bibliografía

- CABI. 2019. *Compendio de especies invasoras*. Francia. Obtenido de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/47509>
- Charcape-Ravelo, M., y Moutarde, F. 2005. Diversidad florística y conservación del Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vlce-Sechura. *Peruana de Biología; Scielo Perú*, 12(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332005000200016](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000200016)
- Cornejo, X. 2014 (ed.). *Plants of the south American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Perú)*. Ed. Edu Quil, Universidad de Guayaquil, 312 p.
- De la 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, Mexico. *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 5(18): 341-352.
- Farnsworth, R., Ellison, A., y Gong, W. 1996. Elevated CO<sub>2</sub> alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Springer - Oecologia*, 599-609. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00329032>
- Kathiresan, K. y Bingham, L. B. 2001. Biología de manglares y ecosistemas de manglares. *ELSEVIER*, 40: 81-251.
- Lozano Torres, Y. 2007. Los Sumideros de Carbono: Un análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del Pacífico Colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - Redalyc* (6), 82-92. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231120826007.pdf>
- MAE. 2014. *El Morro, un paraíso costero rodeado de manglares*. Guayaquil. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/el-morro-un-paraíso-costero-rodeado-de-manglares/>
- Ortiz-Reyes, A., Robles Lopez, K., Urrego Giraldo, L. E., y Romero Tabarez, M. (2018). Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar. *Revista de Ciencias - Scielo*, 22(2): 111-127.
- Prance, G.T, 2018 *Rhizophoraceae*. Flora Neotropica. Vol.120. NYBG Press, Bronx, NY.
- Raju, J. S. 2016. Reproductive biology of mangrove plants *Clerodendrum inerme*, *Derris trifoliata*, *Suaeda maritima*, *Suaeda monoica*, *Suaeda nudiflora*. *The Wetlands Diversity* , 31-68. doi:DOI: 10.1515/trser-2015-0092
- Sánchez Nuñez, D. 2009. *Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de san andres isla, caribe colombiano*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Bogotá. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11052844.pdf>
- Sofrony, C., Estrada-Castillo, S. M., y Martínez García, H. 2017. Plantas priorizadas para la conservación en la Región Caribe. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. doi:<https://doi.org/10.15472/rj6pz5>
- Soto, N. L. 2010. *Un caso de tensiones sociales generados por las políticas ambientales: Refugio de Vida Silvestre "Manglares El Morro"*. Tesis de Maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. Programa de estudios Socioambientales, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec:8080/bitstream/10469/2485/4/TFLACSO-LMSN2010.pdf>
- Tarcila, L. N., y Machado, C. I. 2014. Polinización del viento y formación de propágulos en *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae): ¿limitación de recursos o polinización? *Scielo*, 86(1). doi:<https://doi.org/10.1590/0001-37652014101712>
- Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Dominguez, A. 1999. Los manglares de América Latina en la encrucijada. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*, Instituto de Ecología AC., 9-16.

## Estado de las poblaciones del mangle blanco *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Combretaceae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador

Population status of the white mangrove *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Combretaceae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador

Huber Ricardo Moreira Estrella

Consultor Independiente

Recibido de agosto 2020; recibido en forma revisada 26 de agosto 2020, aceptado 3 de octubre 2020  
Disponible en línea 20 de diciembre 2020

### Resumen

Se realizó un censo de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* para evaluar su estado en el Golfo de Guayaquil. Durante diciembre 2020 y enero 2021 se establecieron 10 parcelas de forma rectangular, cada una con una superficie de 50 x 20 m (1.000 m<sup>2</sup>), abarcando un área total de 1 hectárea (10.000 m<sup>2</sup>) en las provincias del Guayas y El Oro, en la costa de Ecuador. *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* habita predominantemente manglares ribereños y suelos lodosos (mayoritariamente limo) de textura floja, con salinidad intersticial desde 5 hasta 38 UPS, la mayor densidad poblacional se registró en las localidades que poseen entre 20 a 35 UPS. Las poblaciones registradas poseen poco desarrollo estructural, correspondiendo un 56% en la categoría diamétrica latizales (5-9,9 cm DAP). Las dos variedades de *L. racemosa* son marcadamente simpátricas en el Golfo de Guayaquil. En el 80% de las parcelas censadas ambas variedades florecen y fructifican simultáneamente, sin embargo, evidencia de variabilidad morfológica o hibridación producto de ambas no ha sido encontrada en campo ni en herbario. Estos resultados sugieren que no habría compatibilidad biológica entre ambas variedades, consecuentemente, se recomienda una revisión de su estatus taxonómico con base en estudios moleculares.

**Palabras claves:** Golfo de Guayaquil, *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*, manglares, simpátrica, variedad.

### Abstract

A census of *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* was carried out in the Gulf of Guayaquil to assess the status of the populations. During December 2020 and January 2021, 10 rectangular-shaped plots were established, each with an area of 50 x 20 m (1,000 m<sup>2</sup>), covering a total area of 1 hectare (10,000 m<sup>2</sup>) in the provinces of Guayas and El Oro, in the coast of Ecuador. *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* predominantly inhabits riparian mangroves and muddy (mostly silt) soils with a loose texture, and interstitial salinity from 5 to 38 UPS, the highest population density was recorded in localities that have between 20 to 35 UPS. The recorded populations have a low structural development, corresponding to 56% in the latizal diameter category (5-9.9 cm DBH). The two varieties of *L. racemosa* are markedly sympatric in the Gulf of Guayaquil. In 80% of the surveyed plots they bloom and fructify simultaneously, however, evidence of morphological variability or hybridization among both varieties has not been found in the field neither in herbarium. These results suggest that biological compatibility would not be achieved among both varieties and that consequently, a review of its taxonomic status based on molecular studies is recommended.

**Keywords:** Guayaquil Gulf, *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*, mangroves, sympatric, variety.

### Introducción

Los manglares son ecosistemas productivos conocidos por los bienes y servicios ambientales que ofrecen, son sitios de reproducción y refugio de docenas de especies de aves, mamíferos, reptiles, peces, crustáceos, moluscos, insectos y arácnidos y desempeñan el papel de barrera de

amortiguamiento contra el oleaje y vientos marinos. Son sitios donde se produce la filtración del agua y retienen contaminantes, entre ellos a los metales pesados, atenuando su dispersión hacia los océanos (Erazo, 2014), y contribuyen a mantener la calidad de la vida marina y costera. Su vegetación es predominantemente leñosa y posee tolerancia a la salinidad (Murrieta, 2018).

\* Correspondencia del autor:  
E-mail: huber.moreirae@ug.edu.ec



En tiempos prehispánicos, el aprovechamiento de los manglares se realizaba de manera sustentable por grupos indígenas en la costa de Ecuador y noroccidente de Perú. A la llegada de los españoles, las virtudes de las maderas de los mangles fueron rápidamente notadas por su dureza y durabilidad, la explotación de los mangles en el Golfo de Guayaquil aumentó de forma exponencial, siendo materia prima útil para la construcción de barcos e infraestructura local, la madera de los mangles fue exportada en grandes cantidades desde Guayaquil hacia varias ciudades de Perú (Madsen et al., 2001). Se estima que a nivel mundial la pérdida de bosques de manglar en el siglo pasado fue entre un 30 a 50%, principalmente por actividades de desarrollo urbano y de la acuicultura (Benítez et al., 2018). En Ecuador, los manglares abarcan una extensión aproximada de 157.094,28 ha, se estima que la pérdida de su superficie hasta el 2006 fue de 56.395,9 ha., lo que equivale el 27,7 % de la superficie original (Bravo, 2010).

En Ecuador la formación vegetal de estos ecosistemas está caracterizada por los denominados manglares mayores, los que son: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. X harrisonii* (Rhizophoraceae), *Hilarianthus germinans* (Acanthaceae) y *Laguncularia racemosa* (Combretaceae); esta última especie posee dos variedades, *L. racemosa* var. *racemosa* y *L. racemosa* var. *glabriflora* (Cornejo, 2014).

*Laguncularia racemosa* var. *racemosa* se distribuye desde el norte de México hasta la costa noroccidental del Perú en el Pacífico oriental. Este mangle se caracteriza por ser un árbol perennifolio con neumatóforos cortos; sus hojas son simples, opuestas y glabras; posee un par de glándulas en el ápice del peciolo; la inflorescencia es una panícula terminal con pequeñas flores blancas, los cálices son densamente pubescentes; los frutos son drupáceos, longitudinalmente sulcados, densamente pubescentes, de color verde opaco, las semillas poseen embriones fotosintéticos (Cumaná et al., 2010). La variedad *glabriflora* se caracteriza por tener: un tallo de corteza gris, lisa, lenticelada; las inflorescencias, brácteas florales, cálices y frutos son completamente glabros de color verde brillante y más o menos lustroso. Según las colecciones de herbario esta variedad habita en ambas costas de América tropical, en la costa del Pacífico se encuentra restringida al Golfo de Guayaquil, y se extiende desde la provincia del Guayas en Ecuador, hasta Tumbes en Perú, es un componente que caracteriza a la subunidad florística conocida como manglares del Bosque seco decíduo del Pacífico Ecuatorial (Cornejo, 2014). En esta área, *L. racemosa* var. *glabriflora* ha estado bajo intensa presión por transformación de hábitat para el establecimiento de piscinas camaroneras por el desarrollo urbano anómalo, este taxón ha sido categorizado según los criterios UICN como vulnerable (VU B2abiii) (Cornejo, 2014).

*Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* fue colectada por primera vez en la ciudad de Guayaquil en Octubre

de 1790 por el naturalista checo Taddaeus Haenke, mientras exploraba el río Daule, como miembro de la expedición de Alejandro Malaspina alrededor del mundo. Inicialmente fue descrita por C. Presl en 1831 (1825-1835) como una nueva especie de mangle con el nombre de *Laguncularia glabriflora*, y ha permanecido por más de 100 años en la sinonimia bajo *L. racemosa* hasta la publicación del tratamiento taxonómico de la familia Combretaceae en Flora of Ecuador (Stace, 2007), en el que se ha reestablecido el uso de este taxón pero a nivel de variedad, como *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (op. cit.). La falta de su reconocimiento se atribuye a la ausencia de estudios taxonómicos en las plantas de manglares en Ecuador (Cornejo, 2015).

*Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* ha sido registrada en: Estero Salado, Estero Mongón y la isla Puná (Cornejo, 2014). En el Estero Salado se han realizado estudios sobre la concentración de metales pesados, entre los que destaca el cadmio (Cd) con una concentración de 0,5 a 12 mg/Kg. Este metal pesado es perjudicial para la sobrevivencia de esta variedad, reportándose que concentraciones de Cd (0,5 mg/L), el máximo permitido por la Legislación Ecuatoriana para suelo (Texto unificado de la legislación ambiental, acuerdo ministerial 097A), inhibe el crecimiento radicular y dificulta la sobrevivencia de *L. racemosa* var. *glabriflora* (Benavidez et al., 2018).

Estudios adicionales del mangle blanco se han realizado a nivel nacional, pero sin especificar la variedad a las que pertenecen las poblaciones, identificando simplemente a *Laguncularia racemosa*, por lo que existe un vacío enorme sobre el estado de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el estado actual de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*, con el propósito de generar la información básica y contribuir a su manejo y a la conservación de la diversidad florística de los manglares y del Ecuador.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

Las localidades muestreadas se encuentran distribuidas a lo largo de las provincias Guayas y El Oro, están ubicadas desde 81°00' W hasta 79°42' W y desde 2°19' S hasta 3° 29' S; se encuentran influenciadas por las mareas, durante el día tienen dos bajamares y dos pleamares (INOCAR, 2021; Fig. 1).

### Metodología

Se realizaron las siguientes actividades: i) Compilación bibliográfica de literatura publicada como artículos, revisiones taxonómicas o libros, donde se trata a *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*. ii) Revisión de las colecciones del herbario GUAY de la Universidad de Guayaquil, en esta institución existe la mayor concentración de especímenes de la variedad en estudio obtenidas en la costa del Pacífico este a nivel

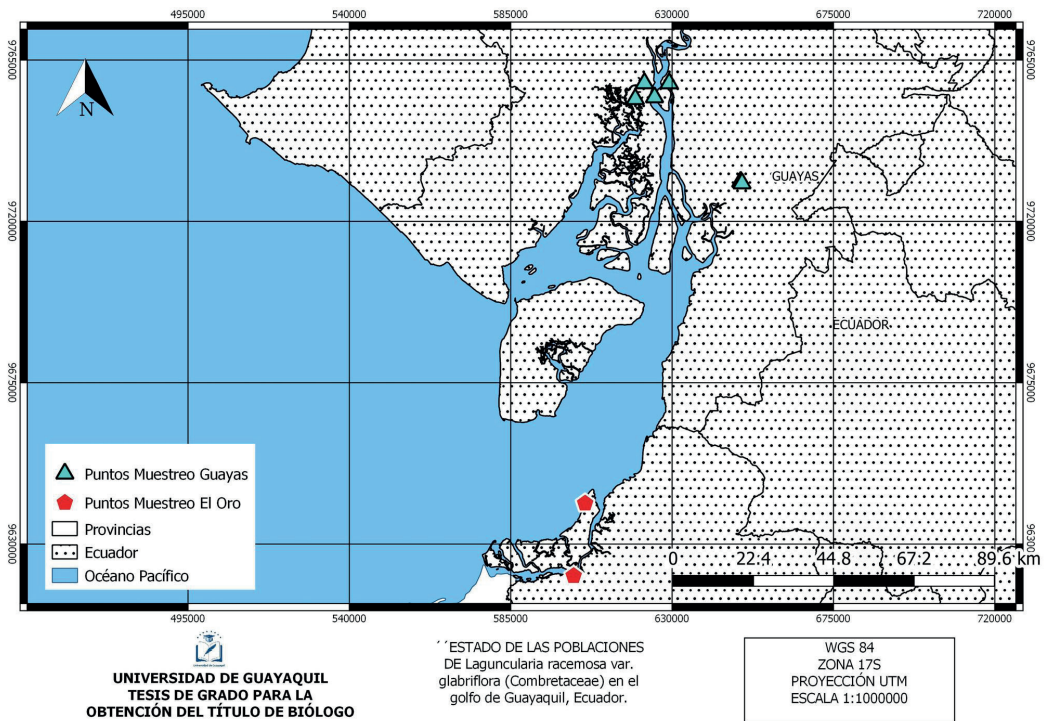


Figura 1. Sitios de muestreos de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil

nacional e internacional (Cornejo, 2014). iii) Con base en la revisión bibliográfica y de las colecciones de herbario, se procedió a la comprobación en campo de la presencia y localización de las poblaciones de la variedad en estudio.

#### Fase de campo

##### Localizar las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

La fase de campo se realizó durante diciembre 2020 y enero 2021, estos meses corresponden al final de la estación seca e inicio de la estación lluviosa, respectivamente. Se establecieron 10 parcelas de forma rectangular, cada una con una superficie de 50 x 20 m (1.000 m<sup>2</sup>), en total el área de estudio abarca 1 hectárea (10.000 m<sup>2</sup>) en el Golfo de Guayaquil.

Ocho parcelas se establecieron en la provincia del Guayas y dos en la provincia de El Oro. En campo, con el uso de un GPS marca Garmin se registró la posición geográfica en el extremo izquierdo de cada parcela.

Una vez establecidas las parcelas se procedió a levantar los datos en campo de las poblaciones presentes de la variedad estudiada. Para el censo poblacional de *L. racemosa* var. *glabriflora*, se tomaron en cuenta los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 2,5 cm y exclusivamente que tuvieran la presencia de flores y frutos, debido a que éstas partes reproductivas son

las únicas que presentan los caracteres diagnósticos para el reconocimiento del taxón en estudio y permiten obtener un 100 % de confianza en la identidad de los individuos registrados.

A cada individuo censado al interior de las parcelas se le tomó los siguientes datos:

- DAP (cm), esto es, a 1,3 m de alto,
- Alto total, esto es desde la base del tallo hasta el ápice de la copa,
- Diámetro de copa (m<sup>2</sup>).

##### Registrar del patrón de distribución de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

El patrón de distribución de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* se determinó aplicando en campo la metodología que se detalla a continuación.

Para establecer el tipo fisiográfico de los manglares se siguió la clasificación de Lugo y Snedeker (1974) y modificado por Cintrón (1980), esta considera los siguientes tipos de manglar: (i) de borde, (ii) ribereño, y (iii) de cuenca. El grado de desarrollo estructural del manglar en que habita la variedad estudiada se determinó conforme a la metodología empleada según Dinaf-Clirsen (1991), esta considera a la altura de la formación vegetal, clasificándola en 3 categorías: (i) bajo (hasta 5 m), (ii) medio (5 a 20 m), y (iii) alto (20 a 40 m).

Para los sustratos se revisó en campo la textura del suelo, consistencia y si hay elementos introducidos o modificaciones estructurales que los habrían alterado.

Para determinar la textura del suelo se usó el método manual descrito por Garrido (1993), este consiste en tomar una muestra de suelo y formar una figura cilíndrica que según su grosor y forma se puede definir la textura del suelo. Según lo observado se clasificó a los suelos en: (i) lodoso (mayoritariamente limo), (ii) arenoso (mayoritariamente arena), (iii) rocoso (mayoritariamente grava y rocas) y (iv) sustratos artificiales (islas flotantes). Se tomó datos de salinidad intersticial en los sustratos de cada parcela, para este propósito se utilizó el método aplicado por Idrogo (2016), con algunas modificaciones en el uso del equipo. Se usó un tubo de plástico de 30 cm de largo con 22 cm de circunferencia, el cual se introdujo en el suelo en marea baja, luego se lo retiró con el sedimento dejando un hoyo de unos 30 cm de profundidad, se esperó que se filtrara el agua en el hoyo y luego con una jeringa se tomó la muestra de agua, conservándola en frío, para después ser analizada con un refractómetro, determinando el valor de la salinidad intersticial en UPS.

#### Análisis de datos.

#### Determinación el estado de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

Los individuos censados fueron clasificados en tres categorías diamétricas según Cintrón y Schaeffer (1992), como se detalla a continuación (Tabla 1).

En las 10 parcelas establecidas en el Golfo de Guayaquil, se observó el estado fenológico de los frutos, es decir si eran inmaduros o maduros. Además, en cada parcela se verificó la presencia de los individuos de *L. racemosa* var. *racemosa*, determinando la frecuencia en donde las dos variedades de *L. racemosa* se encontraban presentes. Luego se revisó en campo si los individuos censados tenían características intermedias como un indicador de variabilidad de los caracteres morfológicos o como evidencia de hibridación de las dos variedades de mangle blanco.

#### Densidad (D)

La densidad se entiende como el número de individuos en un área determinada, esta se expresa en individuos

Tabla 1. Categorías diamétricas de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

Categoría poblacional	Categoría diamétrica (DAP cm)
Brinzales	2,5-4,99
Latizales	5-9,9
Fustales	≥ 10

por hectárea (individuos/ha<sup>-1</sup>), aplicando la siguiente fórmula (Matteucci y Colma, 1982).

$$D=N/A$$

Donde:

N= Número de individuos presentes en la parcela

A= Extensión de área de muestreo

#### Densidad Relativa (D<sub>R</sub>)

La densidad relativa se utiliza para comparar la densidad de una población en relación de la otra, los resultados son en expresados en porcentajes (%) (Matteucci y Colma, 1982).

$$D_R=(n/N).100$$

Donde:

n= Número de individuos presente en cada parcela.

N= Suma de todos los árboles presentes.

#### Frecuencia (F)

Se utiliza para determinar el nivel de presencia de cada categoría en toda el área de estudio, para estimar la frecuencia se utilizó la fórmula establecida por Matteucci y Colma (1982).

$$F=(m/M).100$$

Donde:

m= Número de parcelas donde se encuentra la categoría.

M= Número total de unidades muestréales.

#### Área de copa (Ac)

El área de copa es una variable importante en estudios de manglares, esta se expresa en m<sup>2</sup> y corresponde al área que ocupa la proyección de la copa del árbol sobre el suelo. Esta se calculó con la siguiente fórmula aplicada (Vera, 2020).

$$Ac= \pi(Dc)^2/4$$

Donde:

Dc= Diámetro de copa

$\pi = 3,1416$

#### Área basal (AB)

Esta variable expresa el área ocupada por el tronco del árbol, siendo diferente al área de copa, se expresa en m<sup>2</sup> por hectárea (ha). En vegetación arborícola se mide a partir de 1,3 m de altura del suelo. Para obtener el valor del área basal se aplicó la fórmula de Carrillo et al. (2008).

$$AB= \pi(DAP/2)^2$$

Donde:

DAP= Diámetro altura al pecho, que se mide a 1,3 m

$\pi = 3,1416$

## Resultados

### Localización de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

En 8 localidades ubicadas en las provincias del Guayas y El Oro se establecieron 10 parcelas rectangulares de 1000 m<sup>2</sup>, cubriendo una extensión total de 1 hectárea. Se registró un total de 43 individuos con flores y/o frutos de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil, éstos fueron localizados desde las márgenes de los esteros de la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas hasta el Puerto Pitahaya en la provincia de El Oro, cerca de los límites políticos del Ecuador en la frontera sur con Perú (Tabla 2).

### Patrón de distribución de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

El mangle blanco *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* habita predominantemente en manglares ribereños, con una efímera presencia hacia la porción interna en manglares de borde. Se desarrolla preferentemente en manglares de vegetación baja (menores de 5 m), y también se puede encontrar en manglares con vegetación de talla media (5 a 20 m) y alta (20 a 40 m) (Tabla 3).

En cuanto al tipo de suelo, esta variedad habita en suelos lodosos limosos de textura floja, pero también puede colonizar en suelos rocosos, alterados por actividad antropogénica, como en las márgenes

del estero Palanqueado en la ciudad de Guayaquil, que están constituidas por piedra escollera, cuyos intersticios lodosos son aprovechados en el proceso de establecimiento, germinación y desarrollo hasta llegar al estadio adulto de sus individuos. Además, *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* también puede colonizar en suelos artificiales, como el de las islas flotantes del Estero Palanqueado, que están constituidos por plástico poroso reciclado y sin sustrato limoso.

Los individuos censados de *L. racemosa* var. *glabriflora* poseen un amplio rango de tolerancia a la salinidad, habitan en sustratos que poseen desde 5 hasta 38 UPS, esto indica que poseen adaptación para habitar en manglares hiposalinos e hipersalinos. Sin embargo, se ha registrado que poseen predominancia por sustratos con salinidad intersticial de 20 a 35 UPS (Fig. 2).

### Determinación del estado de las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

#### Resultados obtenidos en las provincias de Guayas y El Oro, Ecuador.

Se censó un total de 43 individuos distribuidos en el Golfo de Guayaquil, en las provincias Guayas y El Oro. De estos, 34 individuos fueron registrados en ocho parcelas en la provincia del Guayas y 9 en dos parcelas en la provincia de El Oro.

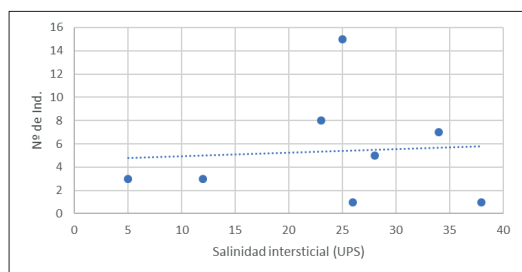
**Tabla 2.** Localidades por provincia, número de individuos y salinidad intersticial registrada en las parcelas con *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil.

No.	Provincia	Localidad	Posición Geográfica	No. de individuos por parcela	Salinidad intersticial (UPS)
1	Guayas	Parque lineal de Guayaquil	2° 11' 3.00" S 79° 54' 0.77" W	1	26
2	Guayas	Los helechos	2° 11' 3.52" S 79° 50' 17.32 " W	3	5
3	Guayas	Isla Santay	2° 13' 10.35" S 79° 52' 29.58 " W	3	12
4	Guayas	Estero Palanqueado	2° 13' 27.00" S 79° 55' 23.00 " W	1	28
5	Guayas	Estero Palanqueado	2° 13' 27.00" S 79° 55' 23.00 " W	3	28
6	Guayas	Estero Palanqueado	2° 13' 27.00" S 79° 55' 23.00 " W	1	28
7	Guayas	Puerto de los cangrejeros	2° 25' 56.97" S 79° 39' 30.75 " W	7	34
8	Guayas	Sendero de los cangrejeros	2° 26' 11.60" S 79° 39' 18.89 " W	15	25
9	El Oro	Isla de Jambelí	3° 14' 39.75" S 80° 2' 53.16" W	1	38
10	El Oro	Puerto Pitahaya	3° 25' 38.01" S 80° 4' 36.32" W	8	23

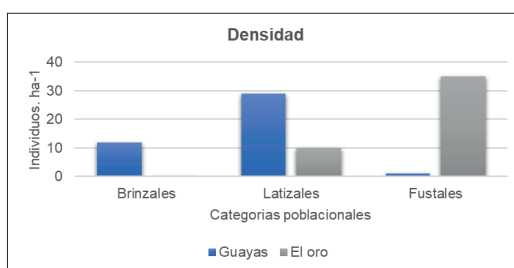


**Tabla 3.** Tipo fisiográfico y alto del bosque de manglar en donde se encuentra *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro, en el Golfo de Guayaquil.

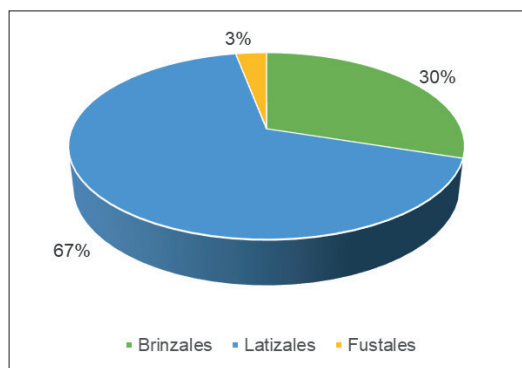
Provincia	Localidad	tipo fisiográfico del manglar	alto del bosque de manglar
Guayas	Parque Lineal del Estero Salado	Ribereño	Medio
	Los helechos	Ribereño	Bajo
	Isla Santay	Ribereño	Alto
	Estero Palanqueado	Ribereño	Bajo
	Estero Palanqueado	Ribereño	Bajo
	Estero Palanqueado	Ribereño	Bajo
	Puerto de los cangrejeros	Ribereño	Medio
	Sendero de los cangrejeros	Ribereño	Bajo
El Oro	Isla de Jambelí	Borde	Alto
	Puerto Pitahaya	Ribereño	Bajo



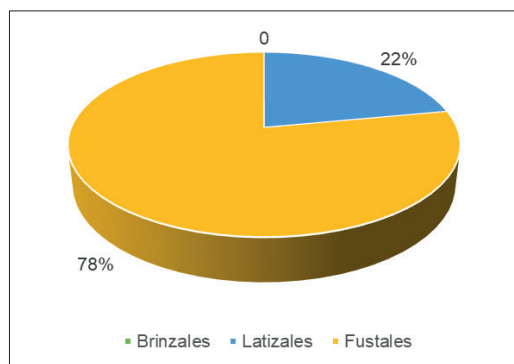
**Figura 2.** Salinidad intersticial de las localidades censadas con *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador.



**Figura 3.** Densidad de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro.



**Figura 4.** Densidad relativa de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en la provincia Guayas, Ecuador.



**Figura 5.** Densidad relativa de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en la provincia El Oro, Ecuador.

**Tabla 4.** Frecuencia de las categorías poblacionales de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro, Ecuador.

Categorías poblacionales	Guayas		El Oro		Golfo de Guayaquil Frecuencia total
	Nº de parcelas	Frecuencia	Nº de parcelas	Frecuencia	
Brinzales	6/8	75%	0	0%	60%
Latizales	4/8	50%	1/2	50%	50%
Fustales	1/8	13%	2/2	100%	30%

Tabla 5. Área de copa de las categorías poblacionales de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro, Ecuador.

Categorías poblacionales	Guayas	El oro	Golfo de Guayaquil
	Área de Copa (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )	Área de Copa (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )	Área de Copa (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )
Brinzales	91,22	0	91,22
Latizales	118,12	12,85	130,97
Fustales	19,64	74,98	94,62

Tabla 6. Área basal de las categorías poblacionales de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro, Ecuador.

Categorías poblacionales	Guayas	El oro	Golfo de Guayaquil
	Área basal (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )
Brinzales	0,12	0	0,12
Latizales	0,80	0,08	0,88
Fustales	0,12	0,75	0,87

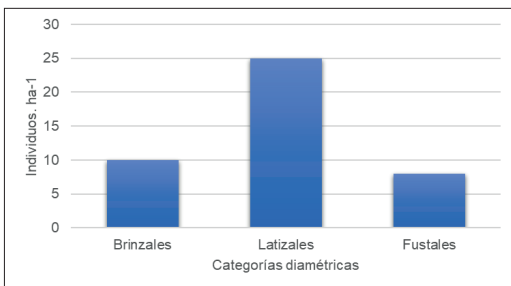


Figura 6. Densidad de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador.

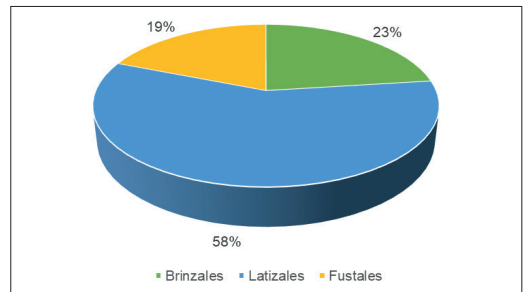


Figura 7. Densidad relativa de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador.

Con respecto al DAP, de los 34 individuos censados en la provincia Guayas, 10 pertenecen a la categoría brinzales (2,5-4,9 cm), 23 a latizales (5-9,9 cm) y 1 a fustales ( $\geq 10$  cm). En la provincia El Oro, 2 individuos se encontraban en la categoría latizales y 7 en la categoría fustales y ningún individuo en la categoría brinzales. El DAP máximo registrado para esta variedad es 12,81 cm en Puerto Pitahaya, en la provincia El Oro.

#### Densidad

En la provincia Guayas se tiene una densidad de 12 individuos/ha<sup>-1</sup> de la categoría brinzales, 29 individuos/ha<sup>-1</sup> en latizales y 1 individuo/ha<sup>-1</sup> en fustales. En la provincia El Oro, se tiene una densidad de 10 individuos/ha<sup>-1</sup> en latizales y 35 individuos/ha<sup>-1</sup> en fustales (Fig. 3).

#### Densidad relativa

La densidad relativa de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro se presenta a continuación (fig. 4, 5, respectivamente).

#### Frecuencia (F)

La frecuencia de las categorías poblacionales de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro se presenta a continuación (Tabla 4).

#### Área de Copa

El área de copa de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro se presenta a continuación (Tabla 5).

#### Área basal

El área basal de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las provincias Guayas y El Oro se presenta a continuación (Tabla 6).

#### Resultados obtenidos en el Golfo de Guayaquil.

##### Densidad

Los individuos censados de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* corresponden predominantemente a la categoría diamétrica latizales con 25 ind./ha<sup>-1</sup>, seguido de brinzales con 10 ind./ha<sup>-1</sup>; estas dos categorías están

**Tabla 7.** Alto, DAP, diámetro de copa y estado fenológico de los individuos censados de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las localidades visitadas en el Golfo de Guayaquil.

Nº de Individuos	Localidad	DAP (cm)	Alto (m)	Diámetro de copa	Flores	Frutos
1	Parque Lineal	5	2,5	3,5	SI	SI
2	Los helechos	12,22	2,5	5	SI	SI
3	Los helechos	6,63	3	2,1	SI	SI
4	Los helechos	7,25	4	3,5	SI	SI
5	Isla Santay	7,28	4,5	2,6	SI	SI
6	Isla Santay	5,95	5	2,6	SI	SI
7	Isla Santay	4,71	5	2,4	SI	SI
8	Estero Palanqueado	4,14	3	3,7	SI	SI
9	Estero Palanqueado	3,02	2,5	3,7	SI	SI
10	Estero Palanqueado	4,03	2,5	5,5	SI	SI
11	Estero Palanqueado	2,86	3	3,1	SI	SI
12	Estero Palanqueado	4,62	2,5	5,1	SI	SI
13	Puerto de los cangrejeros	5,41	2,5	2,5	SI	SI
14	Puerto de los cangrejeros	7,13	4,5	2,1	SI	SI
15	Puerto de los cangrejeros	3,81	3	2,4	SI	SI
16	Puerto de los cangrejeros	4,13	3	1,6	SI	SI
17	Puerto de los cangrejeros	6,23	3	2,8	SI	SI
18	Puerto de los cangrejeros	5,46	4	2,1	SI	SI
19	Puerto de los cangrejeros	5,41	3	1,6	SI	SI
20	Sendero de los cangrejeros	5,4	6,5	2,6	SI	SI
21	Sendero de los cangrejeros	6,04	6	2,4	SI	SI
22	Sendero de los cangrejeros	6,68	6,5	2,1	SI	SI
23	Sendero de los cangrejeros	3,19	6	2,1	SI	SI
24	Sendero de los cangrejeros	6,62	6	2,4	SI	SI
25	Sendero de los cangrejeros	5,28	5	1,5	SI	SI
26	Sendero de los cangrejeros	8,1	5	2,1	SI	SI
27	Sendero de los cangrejeros	4,8	6	2,1	SI	SI
28	Sendero de los cangrejeros	6,04	6	2,6	SI	SI
29	Sendero de los cangrejeros	6,27	6	2,6	SI	SI
30	Sendero de los cangrejeros	8,3	6,5	2,3	SI	SI
31	Sendero de los cangrejeros	8,37	6	2,3	SI	SI
32	Sendero de los cangrejeros	5,92	5,5	2,3	SI	SI
33	Sendero de los cangrejeros	8,08	5	2,5	SI	SI
34	Sendero de los cangrejeros	8,14	6,5	3,7	SI	SI
35	Isla Jambeli	11,77	4,5	5,1	SI	SI
36	Puerto Pitahaya	10,15	4	2,6	SI	SI
37	Puerto Pitahaya	12,54	2,5	4,5	SI	SI

Continuación Tabla 7. Alto, DAP, diámetro de copa y estado fenológico de los individuos censados de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en las localidades visitadas en el Golfo de Guayaquil.

Nº de Individuos	Localidad	DAP (cm)	Alto (m)	Diámetro de copa	Flores	Frutos
38	Puerto Pitahaya	7,7	4	3,1	SI	SI
39	Puerto Pitahaya	6,27	3	2,6	SI	SI
40	Puerto Pitahaya	10,25	3,5	3,5	SI	SI
41	Puerto Pitahaya	12,81	4,5	3,8	SI	SI
42	Puerto Pitahaya	12,03	3,5	2,6	SI	SI
43	Puerto Pitahaya	11,94	3	3	SI	SI

mayoritariamente presentes en la provincia Guayas, mientras que en la provincia El Oro predomina fustales con una densidad de 8 individuos/ha<sup>-1</sup> (fig. 6).

#### Densidad relativa

La densidad relativa de las categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en el Golfo de Guayaquil se expresan a continuación (fig. 7).

#### Estado Fenológico de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*

Las poblaciones de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* localizadas e identificadas en la provincia del Guayas y El Oro, presentaron flores y frutos inmaduros en el 100% de los individuos censados durante diciembre de 2020 y enero de 2021 (Tabla 7).

Además, se registró la presencia de individuos de *L. racemosa* var. *racemosa* en 8 de las 10 parcelas (80%) establecidas en el Golfo de Guayaquil, excluyendo las parcelas del sendero y puerto de los cangrejeros, en donde se registró únicamente *L. racemosa* var. *glabriflora*.

En cuanto a las parcelas en donde se registró la presencia simpátrica de las dos variedades de *L. racemosa*, se observó en campo que ambas variedades florecen y fructifican simultáneamente, sin presentar individuos con características morfológicas variables o intermedias que pudiera sugerir casos de hibridación entre ambas variedades.

#### Discusión

Los resultados del presente estudio confirman la presencia de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* en la provincia del Guayas y El Oro, como lo registró Cornejo (2014), basado en observaciones en campo y colecciones del herbario GUAY. También se determinó una preferencia en el patrón de distribución de este taxón en manglares ribereños, coincidiendo con lo propuesto por Lugo y Snedaker (1974), que determinan que los mangles blancos se desarrollan en manglares que no son influenciados directamente por el oleaje (manglares de borde). Además, se registró una predominancia de individuos por habitar en

sustratos lodosos mayormente limosos. En cuanto a la preferencia del grado de desarrollo de la vegetación circundante a la variedad estudiada, se pudo observar que se desarrolla predominantemente en bosques con vegetación baja, es decir que tienen una preferencia por hábitats en donde tiene una mayor influencia de la energía lumínica. Las formaciones vegetales bajas presentaron un menor desarrollo estructural por tratarse de una vegetación más joven, evidenciando el carácter colonizador de *L. racemosa* var. *glabriflora*, aún en sustratos predominantemente rocosos y hasta artificiales, como es el caso de las islas flotantes del estero Palanqueado en la ciudad de Guayaquil.

En todas las parcelas se encontró presencia de individuos de *L. racemosa* var. *glabriflora* con flores y frutos inmaduros, determinando que la floración es favorecida o inducida por los parámetros estacionales al inicio de la estación lluviosa, este evento fenológico es similar a lo previamente registrado para *L. racemosa* var. *racemosa* en las localidades estudiadas en el presente trabajo, así como en otras localidades como el Estuario de Caeté, Brasil (Mehlig, 2006). Además, se determina una fuerte simpatria (80% de las parcelas censadas) entre las poblaciones de *L. racemosa* var. *racemosa* y *L. racemosa* var. *glabriflora*. En cuanto a este aspecto, llama la atención que pese a presentar una alta similitud de sincronización floral entre ambas variedades, sin embargo, no se encontraron en campo individuos de características morfológicas variables o intermedias que pudiesen indicar una variabilidad morfológica o la presencia de híbridos, demostrando de este modo que *L. racemosa* var. *glabriflora* es un taxón morfológicamente estable (XC).

#### Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten dar las siguientes conclusiones:

*Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* está presente desde los esteros en la ciudad de Guayaquil en la provincia Guayas, hasta el Puerto de Pitahaya en la provincia El Oro, en Ecuador.

*Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* se establece predominantemente en manglares ribereños en suelos

lodosos-limosos de textura floja, pero puede colonizar suelos alterados que mantengan la composición lodosa y aún sustratos artificiales; presenta un amplio rango de tolerancia a la salinidad, desde 5 hasta 38 UPS, siendo más frecuente encontrarla en sustratos entre 20 a 30 UPS.

Esta variedad se desarrolla frecuentemente en lugares en donde la vegetación es baja, inferior a 5 m, teniendo mayor disponibilidad de energía lumínica. Esta característica indica que este es un taxón con una mayor capacidad de captación/secuestro de carbono, por lo que puede ser incluida en proyectos para mitigar el cambio climático.

Las poblaciones de *L. racemosa* var. *glabriflora* presentes en la provincia Guayas fueron en su mayoría latizales y brinzales, es decir son más jóvenes, con escaso a mediano desarrollo estructural. Mientras que, las poblaciones de la provincia El Oro tienen un mayor desarrollo estructural al dominar en la categoría fustales, lo que indica que se trata de individuos de mayor edad y en mejor estado de conservación.

La presencia de flores y frutos inmaduros de *L. racemosa* var. *glabriflora* durante diciembre 2020 y enero 2021, sugieren una relación con el inicio de la estación lluviosa y determinan que la fenología de este taxón está condicionada en función de los parámetros físicos estacionales.

La fuerte simpatria (80% de las parcelas censadas) y sincronización floral entre *Laguncularia racemosa* var. *racemosa* y la variedad *glabriflora*, sin producción de individuos con características morfológicas variables o intermedias como ha sido observado en campo y en las colecciones de herbario, permiten concluir que no hay indicios de variabilidad morfológica ni de hibridación entre las dos variedades de mangle blanco. Esto demuestra que *L. racemosa* var. *glabriflora* es un taxón morfológicamente estable, por lo que debe revisarse su estatus de variedad.

## Recomendaciones

- Los resultados y conclusiones obtenidas permiten proveer las siguientes recomendaciones:
- Realizar estudios para determinar el comportamiento fenológico anual y a largo plazo de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*.
- Realizar estudios moleculares que permitan obtener información relevante sobre el linaje genético y que sirvan de soporte para la revisión del estatus taxonómico y nomenclatural de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*.
- Realizar estudios poblacionales comparativos entre las dos variedades de *L. racemosa*, para determinar la abundancia relativa de cada variedad en los bosques de manglar.

- Evaluar el potencial de captación de carbono de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* y la factibilidad de ser incluida en los planes y estrategias para mitigar el cambio climático.

## Bibliografía

- Benavides A., Del Pezo, R., Pernia, B., Mero, M., Cornejo, X., Magallanes, y I., Romero, B. 2018. Effect of cadmium on the germination and growth of *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae)/Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae). *Ecovida* 8(1): 64-83.
- Benítez-Pardo, Daniel, Benítez-Hernández, Asahel, Flores-de-Santiago, Francisco, y Amador-Cruz, F. 2018. Contenido nutrimental en hojas de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae), relacionado con su fenología en una laguna tropical del Golfo de California, México. *Acta Botánica Mexicana* 124: 227-234.
- Bravo, M. 2010. *Interpretación del estudio multitemporal (CLIRSEN 1969-2006) de las coberturas de manglar, camaronerías y áreas salinas en la franja costera del Ecuador continental*. Tesis de grado para la obtención de título de Magister en ciencias con énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente, Universidad de Guayaquil.
- Carrillo, A., Elizalde-Rendón, E., Torrescano, N., y Flores, G. 2008. Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana* 10(1): 31-38.
- Cintrón, G.M. y Schaeffer, Y. 1992. Ecology and management of New World mangroves. En: U. Seeliger, ed. *Coastal plant communities in Latin America*, pp. 233-258. Academic Press, San Diego.
- Cornejo, X. 2014. *Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru)*. Ed. EduQuil. Universidad de Guayaquil. Ecuador. 310 p.
- Cornejo, X. 2015. Las especies emblemática de flora y fauna de la ciudad de Guayaquil y de las provincias del Guayas, Ecuador. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales* 9: 56-71.
- Cumaná, L., Sanabria, M. E., Leopardi, C., y Guevara de Franco, Y. 2010. Plantas vasculares de los manglares del estado Sucre, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 33: 273-298.
- DINAF-CLIRSEN. 1991. *Inventario de manglares de Ecuador continental*. Quito, Ecuador.
- Erazo, A. 2014. *Uso estratégico del mangle para el desarrollo turístico en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas*. Tesis de grado previa a la obtención del título de licenciada en Turismo Ecológico, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Garrido, S. 1993. *Interpretación de análisis de suelos*. Hojas de Divulgación Núm. 5. Pág. 19.
- Idrogo, I. 2016. *Estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional de los manglares de Tumbes*. Tesis para optar el título de Biólogo, Universidad Nacional de Piura.

INOCAR. 2021. Tabla de mareas puertos del Ecuador. Disponible en: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>

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

Madsen, J.E., R. Mix & H. Baslev. 2001. *Flora of Puna Island: Plant resources on a Neotropical island*. Aarhus University Press. 289 pp.

Matteucci, S. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. U.S.A.

Mehlig, U. 2006. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. *Aquatic Botany* 84: 158-164.

Murrieta, M. 2018. *Evaluación de la velocidad de descomposición de hojarasca de Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaerth., Avicennia germinans (L.) y Rhizophora mangle (L.) en el refugio de vida silvestre manglar estuario del río Esmeraldas*. Tesis previa a la obtención de título de Ingeniero de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas.

Presl, K.B. 1825-1835. *Reliquiae Haenkeanae, seu descriptiones et icones plantarum, quas in America Meridionali et Boreali, in insulis Philippines et Marianis collegit Thaddaeus Haenke* (reprint 1973). Amsterdam.

Rendón, M. 2020. *Detección de cambios de la cobertura vegetal, mediante teledetección en el sitio RAMSAR manglares del estuario interior del Golfo de Guayaquil "Don Goyo"*. Trabajo de titulación para la obtención del título de Ingeniera Ambiental, Universidad de Guayaquil.

Stace, C. A. 2007. *Combretaceae*. En: G. Harling & C. Persson, *Flora of Ecuador*, University of Göteborg, 81:1-63.

Vera, J. 2020. *Cuantificación de carbono almacenado en el manglar del acuerdo de uso sustentable y custodia en Puerto Libertad, Provincia del Guayas, Ecuador*. Trabajo de titulación previo a obtener el grado académico de Ingeniero Ambiental, Universidad de Guayaquil.

# Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental

An updated review of marine macroalgae from continental Ecuador

Nancy Cuvi Fajardo<sup>1\*</sup> & Xavier Cornejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consultora independiente

<sup>2</sup> Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (Campus Mapasingue), P.O. Box 09-01-10634, Guayaquil-Ecuador

Recibido de agosto 2020; recibido en forma revisada 26 de agosto 2020, aceptado 3 de octubre 2020  
Disponible en línea 20 de diciembre 2020

## Resumen

Se realizó una revisión bibliográfica y de herbario para determinar el estado actual de las macroalgas marinas distribuidas en la zona intermareal a lo largo del perfil del Ecuador continental. En esta región se registran 4 filum: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.) y Charophyta (1 sp.), éstos comprenden un total de 7 clases, 23 órdenes, 41 familias, 62 géneros y 167 especies distribuidas a lo largo de las 5 provincias costeras de Ecuador. Entre éstas, Florideophyceae (Rhodophyta) es la clase con mayor número de especies a nivel costero-continental (90 de un total de 92 spp.), y la más diversa en cada una de las provincias analizadas. Charophyta con sólo una especie (*Nitella*, Characeae) se registra solamente en Esmeraldas. A nivel nacional continental, Esmeraldas es la provincia que registra mayor número de géneros (35) y especies (47). La costa del Ecuador continental comprende un área insuficientemente estudiada, el conocimiento ficológico en esta región se ha sextuplicado en los últimos 25 años, la generación de información taxonómica continúa en orden creciente.

**Palabras claves:** Ecuador continental, macroalgas, Pacífico.

## Abstract

A bibliographic and herbarium review was carried out to determine the current status of marine macroalgae distributed in the intertidal zone along the profile of continental Ecuador. In this region 4 phyla are recorded: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.) and Charophyta (1 sp.); these comprise a total of 7 classes, 23 orders, 41 families, 62 genera and 167 species distributed throughout the five coastal provinces of Ecuador. Among these, Florideophyceae (Rhodophyta) is the class with the highest number of species on coastal-continental level (90 out of a total of 92 spp.), and the most diverse in each of the analyzed provinces. Charophyta with only one species (*Nitella*, Characeae) is only recorded in Esmeraldas. At the continental national level, Esmeraldas is the province with the highest number of genera (35) and species (47). The coast of continental Ecuador comprises an insufficiently studied area, the phycological knowledge in this region has increased sixfold in the last 25 years, the generation of taxonomic information continues in increasing order.

**Keywords:** Continental Ecuador, macroalgae, Pacific.

## Introducción

Las algas son plantas marinas y dulceacuáticas no vasculares, constituyen componentes básicos de la producción primaria, ocupan el primer eslabón de la cadena alimentaria en el medio acuático, siendo las macroalgas las más grandes, estratificadas o filamentosas, que pueden llegar a formar bosques acuáticos. Estas brindan sustento y refugio a una

amplia gama de especies desde invertebrados hasta vertebrados, creando espacios para comunidades complejas, interactuando además con el medio líquido y los sustratos. Las macroalgas son unos de los primeros agentes responsables de la producción de materia orgánica y energía, sobre éstas dependen los otros miembros de la cadena trófica. Como productores primarios, absorben nutrientes directamente del agua de mar para su crecimiento y desarrollo y utilizan

\* Correspondencia del autor:  
E-mail: nancy.cuvif@ug.edu.ec



el dióxido de carbono disuelto y agua como materia prima en la producción de materia orgánica a través de los procesos de fotosíntesis (Müller & Salazar, 1996).

Las macroalgas se encuentran distribuidas desde la zona intermareal hasta unos 100 metros de profundidad según sus requerimientos lumínicos, esto es, hasta donde penetran los rayos del sol; en esos ambientes colonizan y se desarrollan sobre diversos sustratos, para evitar ser arrastradas por las corrientes. Las algas bentónicas son parte importante de la producción primaria costera, entre éstas, las Phaeophyceae y Chlorophyta son los grupos más abundantes que se encuentran en aguas poco profundas, debido a que dependen de una mayor incidencia lumínica, este es uno de los factores más importantes para su crecimiento. Por otro lado, las Rhodophyta usualmente se encuentran más representadas a una mayor profundidad y presentan una menor abundancia (González & Gabino, 2014). En éste último grupo, algunas especies calcáreas costrosas contribuyen como constructores de arrecifes y juegan un papel importante en la acumulación de carbono en las áreas marinas costeras, estas podrían ser utilizadas en la caracterización de la calidad del agua, convirtiéndose así en indicadores biológicos de contaminación y ciertas sustancias tóxicas (Müller & Salazar, 1996).

Debido a las propiedades fitoquímicas, las macroalgas han sido objeto de investigación en las últimas décadas, siendo aprovechadas en alimentación y salud humana, como medicamentos, cosmetología, fertilizantes orgánicos y biocombustibles (Velasco, 2008).

Durante los pasados siglos diversos tipos de expediciones han sido realizadas con la finalidad de obtener información y recursos de la naturaleza. Inicialmente, los primeros naturalistas empezaron a documentar la historia natural obteniendo valiosas colecciones de rocas, animales y plantas, en distintas regiones del planeta. Desde finales del siglo XV hasta las primeras décadas del siglo XIX, parte considerable de la América tropical estuvo bajo la dominación española, durante este período, resaltan las investigaciones realizadas por el científico alemán Alexander von Humboldt, quien junto con el naturalista francés Aimé Bonpland y gracias al permiso y apoyo ofrecidos por el rey de España, emprendieron un extraordinario viaje al nuevo mundo (Ruales & Cornejo, 2020; Sierra Praeli, 2019). Humboldt y Bonpland fueron pioneros en coleccionar macroalgas en la costa del Pacífico de Ecuador y mayormente de Perú, de las obtenidas en este último país, nueve especies fueron publicadas en el séptimo volumen de *Nova Genera et Species Plantarum* (1825: 418), sus colecciones comprenden los 3 tipos de novedades taxonómicas que fueron publicadas por Agardh (Howe, 1914).

Una de las contribuciones más valiosas para la flora ficológica del Pacífico en América del Sur a inicios del siglo XX, es la realizada por Robert E. Cocker,

experto en pesquerías del gobierno del Perú (Howe, 1914). Entre 1906 a 1908, Cocker realizó cientos de colecciones en la costa del Pacífico de Perú y envió los especímenes a Marshall Avery Howe, en aquel entonces curador del herbario NY en la ciudad de New York, obteniendo para la época una de las mayores colecciones de macroalgas de América del Sur. Estas fueron estudiadas y los resultados publicados en *The marine algae of Perú* (Howe, 1914), este trabajo contiene 28 nuevas especies, esta obra indirectamente contribuyó en cierto grado al conocimiento de la flora ficológica de Ecuador.

Posteriormente, una de las expediciones científicas más notorias es la del capitán George Allan Hancock en el Pacífico este a bordo del *Velero III* (1931-1941), las salidas comprendieron 775 estaciones realizadas durante las visitas a las costas de América central y noroccidente de América del Sur, incluyendo a las islas Galápagos como objetivo principal (Allan Hancock Foundation, 1940). Durante esta expedición se realizaron numerosas colecciones de macroalgas marinas, muchas de estas corresponden a nuevas especies descubiertas a lo largo de su trayectoria incluyendo las costas del Ecuador continental, éstas fueron principalmente descritas por William Randolph Taylor (Taylor, 1945), miembro de la expedición de Allan Hancock en el Pacífico occidental, quien diseñó la primera caracterización sobre la flora de algas marinas de las islas Galápagos. Taylor realizó caracterizaciones en diferentes puntos del continente, y reportó 35 especies de Chlorophyta, 34 especies de Phaeophyta y 137 especies de Rhodophyta; los especímenes tipo actualmente se encuentran en herbarios como UC/JEPS de California, NY, y US del Instituto Smithsonian, entre otros (Taylor, 1945). Las publicaciones que surgieron producto de esta expedición permitieron elaborar listados de especies y posteriormente bases de datos en Latinoamérica, constituyendo una contribución al conocimiento de la composición de la flora marina del Pacífico este (op. cit.).

En la década de los 70's, Flor de María Valverde realizó una publicación denominada: "Vegetación marina de Ballenita, Península de Santa Elena Ecuador - Provincia del Guayas". En 1988, el biólogo australiano Gary Kendrick realizó una recopilación completa de las algas marinas bentónicas de las costas del Ecuador continental, en ese trabajo se describieron alrededor de 320 especies, indicando los endemismos y sus hábitats característicos. En 1994, el Instituto Nacional de Pesca (INP), realizó el proyecto de investigación denominado "Algas marinas del Ecuador", en el recopilaron información sobre la vegetación marina del Ecuador continental y las islas Galápagos, y también reportó nuevas distribuciones de las macroalgas regionales.

Posteriormente estudios ficológicos realizados a lo largo de la línea costera continental del Ecuador y en las islas Galápagos son: Algas marinas del Ecuador (Müller & Salazar, 1996) y Macroalgas marinas (Garske, 2002). Entre trabajos no publicados, es necesario



mencionar los esfuerzos realizados por la profesora (actualmente jubilada) MSc. Matilde Velasco (2013), con los estudiantes de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, quienes desde la década de los 80's han realizado importantes colecciones de macroalgas que reposan en la mencionada institución. Hasta la actualidad, varios tipos de trabajos o tesis realizadas por egresados de varias Universidades contemplan inventarios de macroalgas realizados principalmente en la zona intermareal de la costa del Ecuador continental (Rubira Carvache, 2012; Franco Campos, 2012; González & Gabino, 2014; Pozo Rosales, 2014; Sánchez, 2020), sin embargo, la mayoría de estos no citan especímenes o colecciones de algas que reposen en herbario alguno como soporte de las taxa reportadas, consecuentemente, las identidades provistas en algunos casos no puede ser verificable.

En años recientes, el Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil junto con estudiantes de botánica y otros colaboradores han realizado una de las colecciones más significativas de Corallinales costrosas (Rhodophyta) en la costa continental del Ecuador, los especímenes se encuentran en el Herbario GUAY y son objeto de estudio con microscopio electrónico de barrido y técnicas moleculares con colegas de varias instituciones en el extranjero, los resultados aún no están publicados.

Desde aproximadamente la década de 1970, el desarrollo de la biología molecular ha tenido injerencias con la investigación de la biología comparada, sin embargo, en los últimos 20 años, el uso de métodos moleculares y sus interpretaciones de aproximaciones han producido numerosos y significativos cambios en la sistemática, taxonomía y nomenclatura de algas en todas las jerarquías taxonómicas (Díaz Larrea, Pedroche & Senties, 2016); sin embargo, en muchos casos la información producida se encuentra dispersa. Un ejemplo de actualizaciones de grupos taxonómicos con base en un número de investigaciones que han utilizado datos moleculares es el realizado en las Phaeophyceae (Silberfeld et al., 2014). En esta clase, la investigación en sistemática molecular en las últimas dos décadas no había logrado proporcionar a los ficólogos una clasificación clara, existiendo una acumulación de resultados sorprendentes y también en casos contradictorios, debido a la elevada plasticidad morfológica de las algas pardas, produciendo confusión y ambigüedades nomenclaturales.

Afortunadamente, en años recientes se ha propuesto una clarificada, organizada y definida clasificación que sirve como marco a nivel supragenérico (Silberfeld et al., 2014). Sin embargo, el esquema de clasificación en los restantes grupos de macroalgas aún se encuentra en construcción, siendo la base de datos algaebase (Guiry & Guiry, 2021) un referente a nivel global.

Los nuevos cambios y novedades en las macroalgas marinas de la costa de Ecuador no se encuentran organizados y documentados en la literatura, siendo

la información dispersa y desactualizada a nivel nacional. Con este antecedente, en este trabajo se presenta una revisión actualizada de la sistemática de las especies de macroalgas marinas del Ecuador continental, esta se encuentra organizada según los grupos taxonómicos vigentes a luz de los datos moleculares, morfológicos, citológicos y de ciclos de vida más recientes.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El área de estudio comprende la línea costera continental del Pacífico ecuatoriano que tiene una extensión de aproximadamente 1.200 km de longitud, desde el río Mataje al norte hasta el río Zarumilla al sur (Varela & Ron, 2018), con énfasis en la zona intermareal. Este perfil costero abarca las provincias de: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro (fig. 1).

Los recursos que se pueden utilizar para recolectar y extraer información acerca de las macroalgas marinas ecuatorianas incluyen colecciones del Herbario GUAY de la Universidad de Guayaquil y se realizaron consultas on line de Algaebase [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org) (Guiry & Guiry, 2021) y de especímenes del Herbario NY del Jardín Botánico de Nueva York. Se revisaron los registros disponibles de trabajos como Algas Marinas del Ecuador (Müller & Salazar, 1996), Algas bentónicas del Ecuador Península de Santa Elena (Velasco, 2013) y diferentes investigaciones y tesis con bases y registros de macroalgas de la región disponibles online.

### Referencias históricas

La historia de la investigación botánica en el Ecuador continental ha sido brevemente descrita (Müller & Salazar, 1996). Entre los trabajos más relevantes se puede mencionar a la contribución de la expedición de Allan Hancock en su visita a las costas de Ecuador (Taylor, 1945), hay diversas publicaciones producto de las colecciones realizadas. Se incluyeron investigaciones de diferentes autores, como Boedeker et al. (2016, 2017), Lam & Zechman (2006), etc.

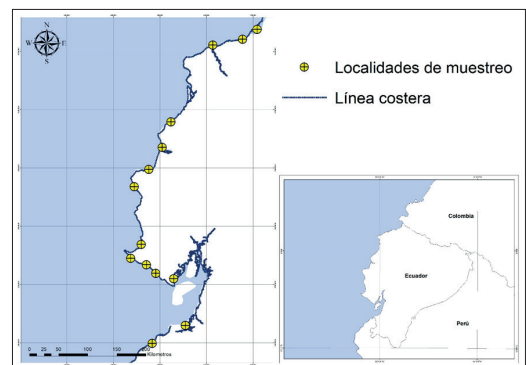


Figura 1. Perfil costero del Ecuador continental. Cortesía de Anthony Albán.

### Lista de especies

Para elaborar una lista comprensiva de las especies presentadas en este trabajo se revisó la colección de macroalgas marinas del herbario GUAY y se realizó la revisión de las taxa presentadas en Algas Marinas Del Ecuador (Müller & Salazar, 1996), este libro comprende las especies presentes en las áreas costeras del Ecuador continental y en algunas zonas costeras de las islas Galápagos, presenta una larga lista que necesita ser revisada y actualizada. También se revisaron publicaciones y tesis (Garske, 2002; Abbott & Hollenberg, 1976; Velasco, 2013; Cárdenas-Calle et al., 2020; Sánchez, 2020; Rincón-Díaz, et al., 2021; Bajaña, 2021; Vera, 2021), cuyos resultados han contribuido en la elaboración de la lista base presentada en este trabajo. Los cambios y actualizaciones taxonómicas aquí presentadas han sido consultados, confirmados o comparados con Algaebase [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org) (Guiry & Guiry, 2021).

### Sistematización de la información

Toda la información que se presentó en este trabajo fue agrupada en una plantilla para macroalgas del Ecuador continental, diseñada en Microsoft Excel. Esta tiene como objetivo principal brindar una herramienta accesible, dinámica y precisa. Se presentan los nombres actualizados de las taxa y a partir de estos se obtuvieron cuadros comparativos de especies, órdenes, clases y phylum a nivel continental y provincial.

### Colecciones de herbario

Se revisaron los especímenes depositados en el Herbario GUAY donde reposan las colecciones realizadas por la MSc. Matilde Velasco con sus estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales desde la década de los 80s; otras colecciones de macroalgas son las realizadas en años recientes por Xavier Cornejo con sus estudiantes de Botánica I y algunos colaboradores. Algunos especímenes de algas calcáreas del género *Lithophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) han sido identificados por imágenes SEM de microscopio electrónico de barrido y molecularmente por Joe Richards (University of Louisiana at Lafayette).

### Análisis estadístico

Por último, se aplicó un índice de similitud Bray-Curtis, agrupando las provincias en relación a las clases registradas dentro de ellas, bajo la siguiente fórmula:

$$D_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})}$$

Donde:

D<sub>jk</sub> = valor de similitud entre las unidades de muestreo.

n = número de individuos en la especie

X<sub>ij</sub> y X<sub>ik</sub> = abundancia de la especie i en la unidad de muestreo j y k respectivamente.

## Resultados

La costa del Pacífico del Ecuador continental alberga 4 filos: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.) y Charophyta (1 sp.; fig. 16-18), éstos comprenden un total de 7 clases, 23 órdenes, 41 familias, 62 géneros y 167 especies de macroalgas marinas distribuidas en la zona intermareal a lo largo del perfil de las 5 provincias costeras de Ecuador (fig. 2). Entre éstas, Florideophyceae perteneciente al filo Rhodophyta es la clase con mayor número de especies en todas las provincias analizadas. Se presenta un cuadro comparativo de las taxa a nivel provincial (fig. 3). El listado comentado de las especies de macroalgas marinas se encuentra en Cuvi (2021: anexos 1-5, disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52770/1/Cuvi\\_Nancy\\_Tesis.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52770/1/Cuvi_Nancy_Tesis.pdf)).

Un total de 23 órdenes de macroalgas marinas se registran en las costas del Ecuador continental, estos se encuentran distribuidos en todas las provincias costeras (figs. 2, 4).

### Similitud de Bray Curtis

Aplicando el índice de Bray Curtis al número de especies registradas en cada provincia costera del Ecuador continental se aprecian dos subclados, uno que comprende a Esmeraldas, Manabí y Santa Elena, donde se concentra la mayor diversidad filológica marina a nivel continental, y otro que manifiesta similitud entre Guayas y El Oro, que son las provincias con menor número de especies registradas (fig. 5).

Revisando los patrones de distribución de las macroalgas marinas en la costa del Pacífico este, hay un número que presentan sus rangos de distribución hasta cerca de los límites norte o sur del Ecuador continental. Considerando que las colecciones de macroalgas aún son insuficientes para documentar toda la flora marina continental y ante la gran posibilidad de incrementar los registros con futuras investigaciones y programas de colección, éstas han sido aquí incluidas (fig. 6; anexo 1), debido a que eventualmente podrían ser registradas en este país.

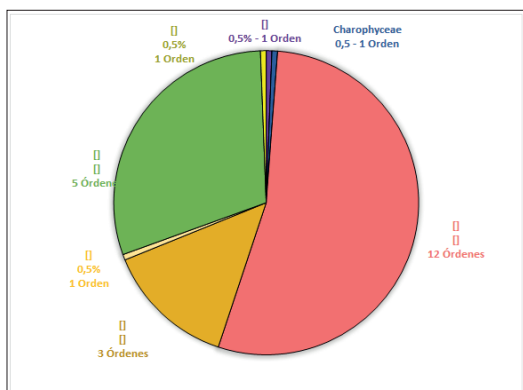


Figura 2. Representación en porcentajes de las clases, órdenes y especies de macroalgas marinas distribuidas en la costa del Ecuador continental.

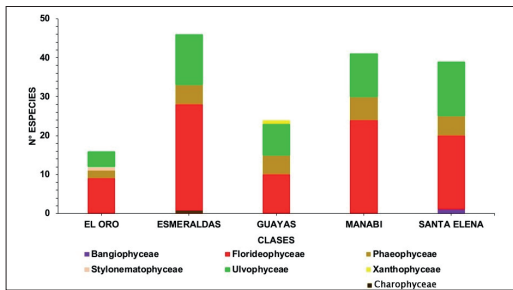


Figura 3. Número de especies de macroalgas marinas a nivel de clase registradas en las provincias costeras del Ecuador continental.

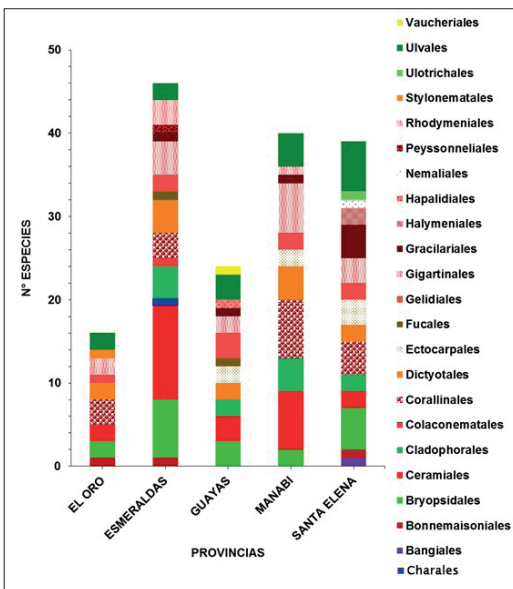


Figura 4. Número de especies de macroalgas marinas a nivel de orden registradas en las provincias costeras del Ecuador continental.

La provincia de Esmeraldas está representada por 4 clases, 15 órdenes, 29 familias, 35 géneros y 47 especies de macroalgas marinas. Florideophyceae perteneciente al phylum de las Rhodophyta es la clase más diversa, ésta registra 9 órdenes, 18 familias, 21 géneros y 28 especies (fig. 7, anexo 2). Charophyta con sólo una especie de *Nitella* (Characeae, Charales, Charophyceae), es el único filo registrado solamente en Esmeraldas (Cornejo & Cangá 8281, GUAY, NY). Entre las contribuciones más recientes para esta provincia están las de Rincón-Díaz et al. et al. (2021) y Vera (2021). Según los especímenes que reposan en herbarios, desde la perspectiva ficológica esta es la provincia menos explorada del Ecuador continental. En un futuro cercano se esperan nuevos registros y aún nuevas especies. La provincia de Manabí cuenta con 3 clases, 12 órdenes, 18 familias, 27 géneros y 41 especies de macroalgas marinas. Florideophyceae perteneciente a las Rhodophyta es la clase más diversa, ésta se encuentra representada por 7 órdenes, 11 familias, 17 géneros y 24 especies (fig. 8,

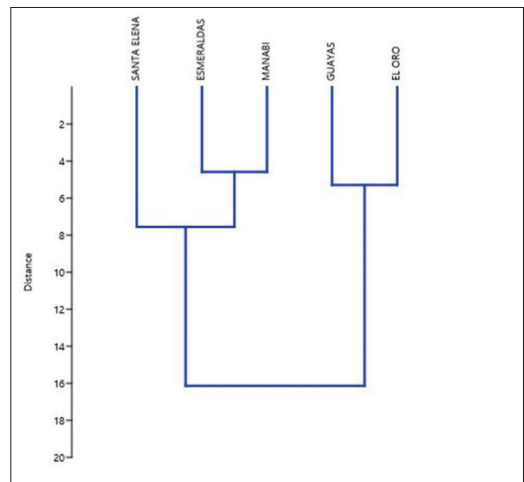


Figura 5. Similitud del número de especies de macroalgas marinas que presentan las provincias del Ecuador continental según Bray-Curtis.

anexo 3). Entre las contribuciones más recientes para esta provincia están las de Sánchez (2020) y Bajaña (2021).

La provincia del Guayas es la segunda con menos especies reportadas, ésta cuenta con 4 clases, 11 órdenes, 17 familias, 18 géneros y 24 especies de macroalgas marinas. Florideophyceae perteneciente al phylum de las Rhodophyta es la clase más diversa, ésta se encuentra representada por 5 órdenes, 8 familias, 8 géneros y 10 especies (fig. 9, anexo 4). Ulvaceae (Chlorophyta) es la familia más diversa con 1 género y 3 especies.

La provincia de Santa Elena es la más diversa a nivel de géneros registrados, ésta cuenta con 4 clases, 15 órdenes, 24 familias, 29 géneros y 39 especies de macroalgas marinas. Posee una diversidad considerable de Rhodophyta y Chlorophyta. Las Rhodophyta se encuentran representada por 9 órdenes, 14 familias, 17 géneros y 20 especies; las Chlorophyta se encuentran representadas por 4 órdenes, 7 familias, 7 géneros y 14 especies (fig. 10, anexo 5). Según los especímenes que reposan en herbarios (Velasco, 2013), esta es la provincia más colectada del Ecuador continental.

La provincia de El Oro es la que menor diversidad a nivel de géneros registra, ésta cuenta con 4 clases, 11 órdenes, 13 familias, 15 géneros y 16 especies de macroalgas marinas. Posee una diversidad considerable de Rhodophyta y Chlorophyta. Las Rhodophyta se encuentran representadas por 8 órdenes, 9 familias, 10 géneros y 10 especies; las Chlorophyta se encuentran representadas por 2 órdenes, 3 familias, 3 géneros y 4 especies (fig. 11, anexo 6).

La clase Florideophyceae es la más representativa por estar compuesta de un mayor número de especies

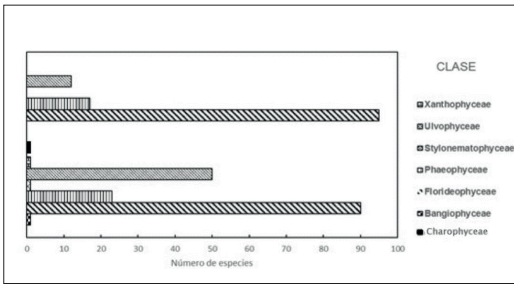


Figura 6. Potenciales nuevos registros a nivel de clase de las macroalgas marinas en la costa continental del Ecuador.

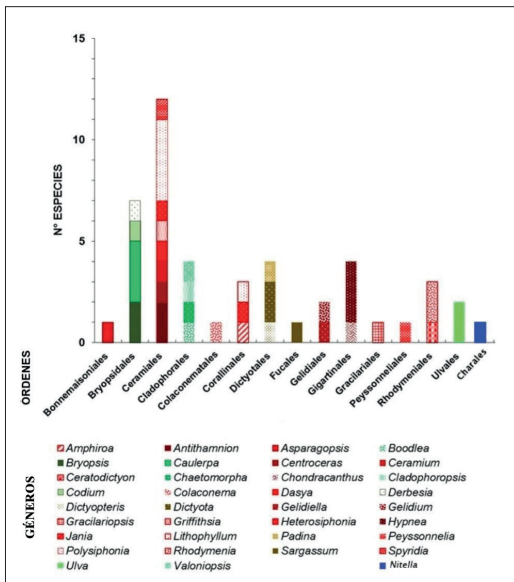


Figura 7. Órdenes, géneros y número de especies de macroalgas marinas registradas en la provincia de Esmeraldas.

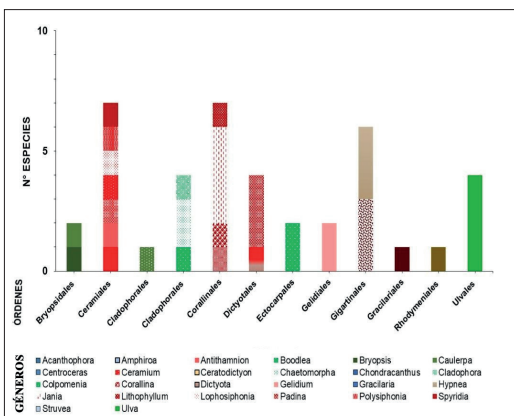


Figura 8. Órdenes, géneros y número de especies de macroalgas marinas registradas en la provincia de Manabí.

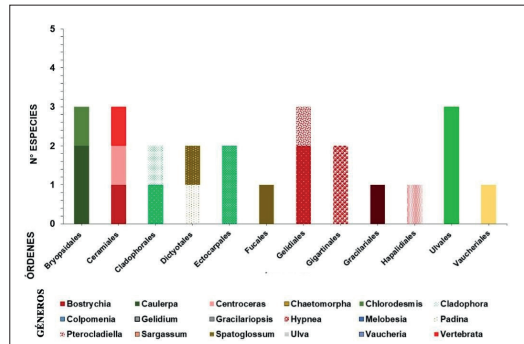


Figura 9. Órdenes, géneros y número de especies de macroalgas marinas registradas en la provincia del Guayas.

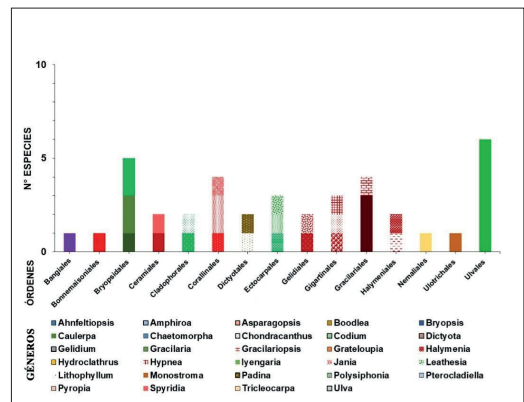


Figura 10. Órdenes, géneros y número de especies de macroalgas marinas registradas en la provincia de Santa Elena.

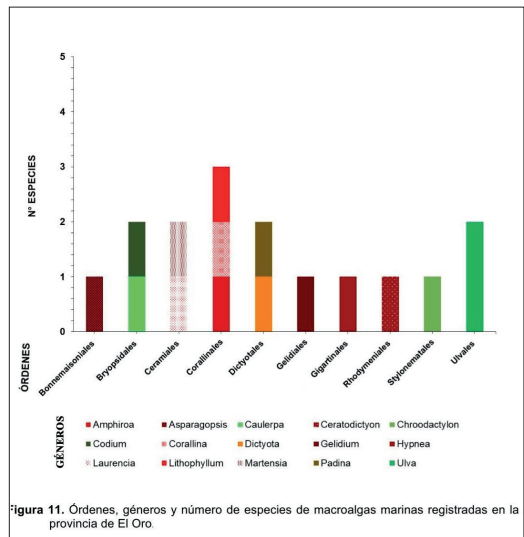


Figura 11. Órdenes, géneros y número de especies de macroalgas marinas registradas en la provincia de El Oro.

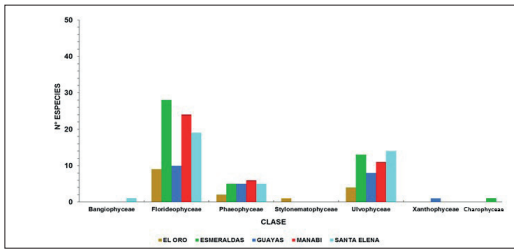


Figura 12. Número de especies según las clases de macroalgas marinas en las provincias costeras del Ecuador continental.

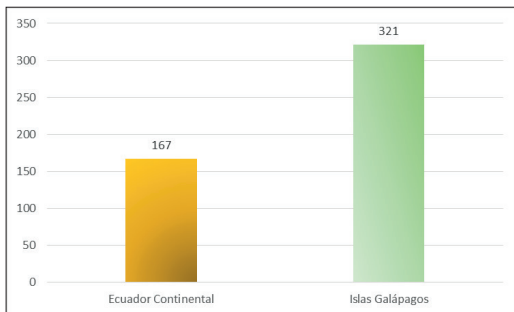


Figura 13. Diferencia del número de especies de macroalgas marinas entre la costa del Ecuador continental y las Islas Galápagos.

en todas las provincias de la costa continental del Ecuador. A nivel provincial, las Florideophyceae presentan la mayor diversidad en la provincia de Esmeraldas, esta es seguida por Manabí (figs. 5, 12). Las clases Ulvophyceae y Phaeophyceae se encuentran presentes con menor número de especies en todas las provincias. Las clases restantes, Xanthophyceae (Guayas), Bangiophyceae (Santa Elena) y Stylonematophyceae (El Oro), cada una se encuentra presente en una provincia de manera específica (fig. 12).

La provincia de Santa Elena presenta la mayor diversidad de clases, en orden decreciente ésta es seguida por Manabí, Guayas, Esmeraldas y El Oro (fig. 12).

En la presente investigación se pudo determinar que la diversidad de macroalgas marinas de la costa continental del Ecuador (167 spp.) es inferior en comparación con las Islas Galápagos (321 spp.; fig. 13).

Al comparar los resultados obtenidos en cuanto al número y composición de las taxa de macroalgas marinas en las provincias de la costa del Ecuador continental (Esmeraldas 46 spp., Manabí 41 spp., Santa Elena 39 spp., Guayas 24 spp. y El Oro 16 spp.), es evidente que esta es excedida notoriamente por la diversidad de la provincia de Galápagos (321 spp.; Avila & Padilla, 2020; fig. 14).

En el presente trabajo se registran 167 especies de macroalgas marinas en la costa del Ecuador continental. Las investigaciones de la flora ficológica en el Ecuador continental presentan resultados que

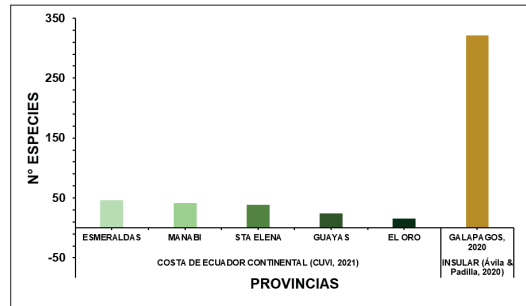


Figura 14. Comparación de la diversidad de macroalgas marinas en las provincias del Ecuador continental e insular (Islas Galápagos).

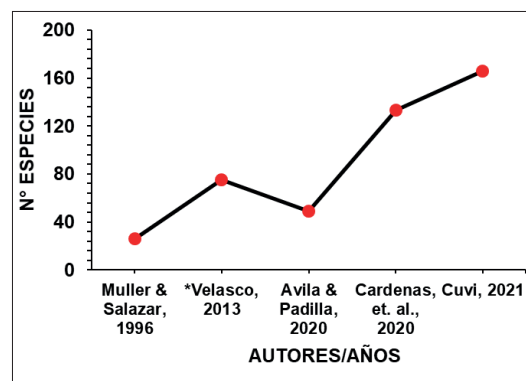


Figura 15. Avance en el conocimiento de la diversidad de macroalgas marinas del Ecuador continental (\*Velasco 2013, es un trabajo no publicado que solo trata de la Península de Santa Elena).

han ido en ascenso gradual, habiéndose sextuplicado el número de taxa reportadas durante los últimos 25 años (fig. 15).

## Discusión

La presente revisión y actualización sistemática de las macroalgas en la costa continental del Pacífico de Ecuador refleja los avances producidos en la diversidad, nomenclatura, taxonomía y fitogeografía en esta región. Trabajos realizados décadas atrás en el campo de la ficológia poseen valores históricos, sin embargo, la capacidad de información confiable que podrían proveer actualmente es bastante limitada y en ocasiones hasta confusa al ser comparados con los resultados presentes. Esto se debe a la falta de colecciones ficológicas y al menor número de investigaciones que existían en este campo décadas atrás, existiendo numerosos cambios y aportes producidos como nuevos registros y descubrimiento de nuevas especies en la flora marina en esta región del Pacífico este en años recientes. Para citar ejemplos, en el libro *Algas Marinas del Ecuador* (Müller y Salazar, 1996), se reportó 26 especies para la costa continental del Ecuador, incluyendo sólo una especie en Manabí (versus 40 spp. en este trabajo) y una en Esmeraldas (versus 48 spp. en este trabajo);

recientemente 49 especies (Avila-Peltroche y J. Padilla-Vallejos, 2020) son reportadas para la costa continental de Ecuador, estos resultados contrastan significativamente con las 167 especies de macroalgas aquí registradas. Además, al comparar en sentido cronológico las publicaciones de las macroalgas en Ecuador es evidente que la investigación ficológica a nivel nacional e internacional ha estado mayormente dirigida a las Islas Galápagos (op. cit.), mientras que en la costa continental el conocimiento ficológico es aún limitado (Avila-Peltroche y J. Padilla-Vallejos, 2020) y al parecer aún se encuentra en una etapa más temprana de desarrollo y en una era de descubrimientos aún creciente (fig. 15).

La elevada diversidad y predominancia de Florideophyceae (Rhodophyta) en la costa del Pacífico del Ecuador continental concuerda con la riqueza biológica de esta clase a nivel global (Yang et al., 2016). En grupos taxonómicos como las Corallinales costrosas (Rhodophyta) estudios morfoanatómicos son insuficientes y análisis moleculares e imágenes SEM de microscopio electrónico de barrido son fundamentales para la identificación a nivel de especie (Richards et al., 2017), estas técnicas frecuentemente son limitantes en la investigación a nivel nacional. Por otro lado, en la revisión de *Caulerpa* asistida con técnicas moleculares (Caulerpaceae, Chlorophyta; Fernandez-García et al., 2016), se reportan 6 especies para la región del Pacífico Tropical Este, entre estas solamente *C. racemosa* (Forsskål) J. Agardh para las costas de Ecuador continental. Sin embargo, en el presente trabajo se registran 3 especies de *Caulerpa* en las costas de Ecuador continental (*C. racemosa*, *C. chemnitzia* (Esper) J.V. Lamouroux y *C. serrulata* (Forsskål) J. Agardh), estas especies han sido frecuentemente colectadas desde los 80s por estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales y numerosos especímenes de estas taxa reportadas reposan en el Herbario GUAY de la Universidad de Guayaquil. En este caso, es evidente que las limitaciones en consultas de herbarios regionales y locales pueden producir sesgos y ausencia de información. Es indudable que las colecciones de herbario y el rol que desempeñan las Universidades en el campo de la investigación han producido y producen los mayores aportes al conocimiento ficológico en Ecuador.

## Conclusiones

La diversidad de las macroalgas marinas en la costa del Ecuador continental está representada por 4 phylum: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.) y Charophyta (1 sp.), éstos comprenden un total de 7 clases, 23 órdenes, 41 familias, 62 géneros y 167 especies. En cuanto a número de especies por ecosistema este resultado podría compararse a la diversidad total de plantas vasculares registrada en los manglares en la misma región (179 spp.; Cornejo, 2014).

La diversidad ficológica marina en la costa del Ecuador continental (167 spp.) es superada en proporción 1,9: 1 por la del Ecuador insular presente en las Islas Galápagos (321 spp.; Avila-Peltroche y J. Padilla-Vallejos, 2020). La mayor diversidad de las Galápagos está explicada por el elevado nivel de endemismo producto de procesos evolutivos que se intensifican en islas, sin embargo, también hay que considerar que las investigaciones taxonómicas de la flora marina no se han producido con la misma intensidad en la costa de Ecuador y que su conocimiento aún está en una fase más temprana de construcción en esta región (fig. 13 y 14).

## Recomendaciones

- Realizar revisiones taxonómicas a nivel de familias y géneros de las especies de macroalgas presentes en la línea costera del Ecuador continental, las especies reportadas o citadas deben estar respaldadas por especímenes que reposan en herbarios.
- Estudios moleculares de las macroalgas son necesarios para dilucidar los linajes genéticos y contribuir a definir a las entidades taxonómicas a nivel de especie y también en jerarquías supraespecíficas.
- Realizar colecciones de macroalgas marinas en las provincias menos estudiadas como Esmeraldas y El Oro, con la finalidad de tener un mejor nivel de conocimiento de la real riqueza ficológica.
- Evaluar el estado de las poblaciones de las macroalgas marinas del Ecuador continental, con énfasis en aquellas especies que poseen rangos angostos de distribución. La categorización de las especies en peligro es una prioridad como una herramienta que contribuya a su manejo y conservación.
- Realizar estudios fitoquímicos de las macroalgas marinas del Ecuador continental para determinar sus componentes, usos potenciales y aplicaciones en campos como medicina, alimentación e industria.

## Bibliografía

- Abbott, I. A., y Hollenberg, G. J. 1976. *Marine Algae of California*. California: Stanford University Press, Stanford, 828 pp, Vol 1.
- Allan Hancock Foundation. 1940. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 2, 1935-1940. Retrieved from <http://archive.org/details/allanhancockpaci02a11a>
- Avila-Peltroche, J. y J. Padilla-Vallejos. 2020. The seaweed resources of Peru. *Botánica Marina*, 63: 381-394.
- Bajaña, C. 2021. *Variación estacional en la composición de macroalgas en la zona mesolitoral rocosa de San Mateo, Manabí-Ecuador*. Trabajo de titulación. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.
- Boedeker, C., Leliaert, F., y Zuccarello, G. C. 2016. Molecular phylogeny of the Cladophoraceae (Cladophorales, Ulvophyceae), with the resurrection of *Acrocladus* Nägeli

- and *Willella* Børgesen, and the description of *Lubrica* gen. nov. and *Pseudorhizoclonium* gen. nov. Belgium: H. Verbruggen (Associate Editor).
- Boedeker, C., Leliaert, F., y Zuccarello, G. 2017. Genetic diversity and biogeography in *Chaetomorpha melagonium* (Ulvophyceae, Cladophorales) based on internal transcribed spacer (ITS rDNA) sequences. *Botanica Marina*, 60: 319-325.
- Cárdenas-Calle, M., Mora, E., Torres, G., Pérez-Correa, J., Bigatti, G., Signorelli, J., y Coronel, J. 2020. Marine invertebrate and seaweed biodiversity of continental coastal Ecuador. *Biodiversity Data Journal*, 8: 1-52.
- Coelho, F. 2020. *Significados*. Retrieved from <https://www.significados.com/sinonimo/>
- Cornejo, X. 2014. Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru). Ed. EduQuil. Universidad de Guayaquil. Ecuador. 310 p.
- Cuvi, N. 2021. *Revisión actualizada de la sistemática de las macroalgas del Ecuador continental*. Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Bióloga. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52770>
- Díaz Larrea, J., Pedroche, F., y Senties, A. 2016. Impacto de los estudios moleculares en la ficología comparada mexicana: el caso de las macroalgas marinas. *Revista de investigación y difusión sobre algas Cymbella*, 2: 1-24.
- Fernandez-García, C., Wysor, B., Riosmena-Rodríguez, R., Pena-Salamanca, E. y Verbruggen, H. 2016. DNA-assisted identification of *Caulerpa* (Caulerpaceae, Chlorophyta) reduces species richness estimates for the Eastern Tropical Pacific. *Phytotaxa*, 252(3): 185-204.
- Franco Campos, A. D. 2012. Caracterización ecológica de las comunidades intermareales rocosas a lo largo de una gradiente de productividad en las costas del Ecuador. *Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 1era Edición, 1-75.
- Fredericq, S., Hommersand, M. H., y Freshwater, D. W. 1996. The molecular systematics of some agar-and carrageenan-containing marine red algae based on rbcL sequence analysis. En *Fifteenth International Seaweed Symposium* (pp. 125-135). Springer, Dordrecht.
- Garske, L. E. 2002. Macroalgas marinas. En: *Danulat, E. y Edgar, G.J. (eds.) (2002): Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*, 419-439.
- González, S. y Gabino, S. 2014. *Diversidad y abundancia de macroalgas en las zonas intermareales rocosas de las comunas Montañita, La Entrada y La Rinconada, de noviembre 2013, abril 2014, provincia de Santa Elena*. Repositorio Institucional Universidad Estatal Península de Santa Elena, 1-236.
- Guiry, M. D. y G. M. Guiry. 2021. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication National University of Ireland, Galway. Retrieved from <https://www.algaebase.org>
- Howe, M. A. 1914. The marine algae of Peru. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, 15: 1-185.
- Lam, D. W., y Zechman, F. W. 2006. Phylogenetic analyses of the Bryopsidales (Ulvophyceae, Chlorophyta) based on rubisco large subunit gene sequences. *Phycological Society of America*, 42: 669-678.
- Martínez Centelles, V. 2019. *Botanical-online*. Retrieved from <https://www.botanical-online.com/botanica/nomenclatura-botanica-normas>
- Miladi, R., ManGhisi, A., MiniCAntec, S., Genovesea, G., AbdeLkafi, S., y Morabito, M. 2018. A DNA barcoding survey of *Ulva* (Chlorophyta) in Tunisia and Italy reveals the presence of the overlooked alien *U. ohnoi*. *Cryptogamie, Algologie*, 85-107.
- Müller, H., y Salazar, M. 1996. *Algas marinas del Ecuador*. Guayaquil: Comisión Asesora Ambiental - Instituto Nacional de Pesca.
- Phillips, N., Burrowes, R., Rousseau, F., De Reviere, B., y Saunders, G. W. 2008. Resolving evolutionary relationships among the brown algae using chloroplast and nuclear genes 1. *Journal of Phycology*, 44(2): 394-405.
- Pozo Rosales, M. 2014. *Biodiversidad de macroalgas en los bajos "52, casa lobos y aquapark", de la Remacopse demostrando la importancia y dominancia de géneros a diferentes profundidades, durante los meses de agosto 2013 a enero 2014*. Repositorio Institucional Universidad Estatal Península de Santa Elena, 1-131.
- Richards, J.L., Sauvage, T., Schmidt, W.E., Fredericq, S., Hughey, J.R. y Gabrielson, P.W. 2017. The coralline genera *Sporolithon* and *Heydrichia* (Sporolithales, Rhodophyta) clarified by sequencing type material of their genotypes and other species. *Journal of Phycology*, 53(5): 1044-1059.
- Rincón-Díaz, N., Muñoz, J. V. S., Gavio, B., y Chasqui, L. 2021. Diversity of benthic macroalgae in the Colombian Pacific: a study of a rocky reef flora. *Nova Hedwigia*, 1-15.
- Ruales, C. y Cornejo, X. 2020. *La expedición de Humboldt y Bonpland en la antigua provincia de Guayaquil en Ecuador*. Ed. Abya-Yala. Quito, Ecuador, 237 pp.
- Rubira Carvache, K. 2012. *Diversidad, abundancia y distribución de las macroalgas en la zona intermareal rocosa en las playas de Salinas, La Libertad y Ballenita (Península de Santa Elena-Ecuador, Octubre-Noviembre 2009)*. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil, 1era Ed., 1-93.
- Sánchez Bermeo, C. 2020. *Variación espacio-temporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa en Salango, provincia de Manabí, Ecuador*. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil, 1era Ed., 1-53.
- Sierra Praeli, Y. 2019. *Mongabay*. Retrieved from <https://es.mongabay.com/2019/05/alexander-von-humboldt- legado/>
- Sigwart, J.D. 2018. *What Species Mean: A User's Guide to the Units of Biodiversity*. CRC Press, Vol 1, 232 páginas.
- Silberfeld, T., Leigh, J. W., Verbruggen, H., Cruaud, C., De Reviere, B., y Rousseau, F. 2010. A multi-locus time-calibrated phylogeny of the brown algae (Heterokonta, Ochrophyta, Phaeophyceae): Investigating the evolutionary nature of the "brown algal crown radiation". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56(2): 659-674.
- Silberfeld, T., Rousseau, F., y de Reviere, B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*, 35(2): 117-156.
- Taylor, W. R. 1945. *Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands (Plates 1-100)*. Los Angeles: University of Southern California Press.
- TURLAND, N. J., J. H. WIERSEMA, F. R. BARRIE, W. GREUTER, D. L. HAKSWORTH, P. S. HERENDEEN, S. KNAPP, W. H. KUSBUR, D. Z. LI, K. MARHOLD, Y. T. W. MAY. 2018. *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants (Shenzhen Code)*. Adopted by the Nineteenth International Botanical Congress, Shenzhen, China, July 2017. Koeltz Botanical Books, Königstein.
- Varela, L. A. y Ron, S. R. 2018. *Geografía y clima del Ecuador*. BLOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Velasco, M. 2008. Introducción al estudio de las algas. *Universidad de Guayaquil*. 1er Ed., 213 pp. .
- Velasco, M. 2013. *Algas bentónicas del Ecuador Península de Santa Elena, Catálogo de Géneros más representativos de Algas en la Península de Santa Elena*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador, 26 pp.
- Vera, N. 2021. *Composición y estructura de macroalgas en la zona mesolitoral rocosa de Súa, provincia de Esmeraldas, Ecuador*. Trabajo de titulación. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.
- Yang, E. C., Boo, S. M., Bhattacharya, D., Saunders, G. W., Knoll, A. H., Fredericq, S., Graf, L. y Yoon, H.S. 2016. Divergence time estimates and the evolution of major lineages in the florideophyte red algae. *Scientific Reports*, 6(1): 1-11

## Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 14(2)

Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de los mangles: <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Hilairanthus germinans</i> y <i>Conocarpus erectus</i> / Cadmium effect on germination and growth of mangroves: <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> and <i>Conocarpus erectus</i> .....	Nelson José Villavicencio Bedor, Beatriz Pernía Santos.....173
Biología Reproductiva del mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador / Reproductive biology of the red mangrove ( <i>Rhizophora mangle</i> L.) Puerto El Morro, Guayas Province, Ecuador.....	Zoila Peña Villagómez, Carmita Bonifaz Balseca.....182
Estado de las poblaciones del mangle blanco <i>Laguncularia racemosa</i> var. <i>glabriflora</i> (Combretaceae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador / Population status of the white mangrove <i>Laguncularia racemosa</i> var. <i>glabriflora</i> (Combretaceae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador.....	Huber Ricardo Moreira Estrella.....190
Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental / An updated review of marine macroalgae from continental Ecuador.....	Nancy Cuvi Fajardo, Xavier Cornejo.....201
Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	