

ISSN: 2773-7772

Volumen 15 | Número 1 | Junio 2021

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)

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. 15(1), Se terminó de editar en junio de 2021

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
Telf.: (04) 3080777 - 3080758 ext. 200
Guayaquil, Ecuador



Diversidad, abundancia y distribución de peces en el río Bulubulu

Diversity, abundance and distribution of fishes in Bulubulu river

Holbach Núñez^{1*} & Antonio Torres²

¹Consultor independiente

²Docente-investigador, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de acuicultura

Recibido 10 de abril 2021; recibido en forma revisada 2 de mayo 2021, aceptado 4 de junio 2021
Disponibile en línea 26 de junio 2021

Resumen

Se realizó un trabajo en el río Bulubulu ubicado en la provincia del Guayas, con el objetivo de obtener un registro de la diversidad, abundancia y distribución de la ictiofauna presente en diez estaciones, utilizando dos artes de pesca. Como resultado se capturaron 428 individuos pertenecientes a cinco ordenes, nueve familias, 13 géneros, y 14 especies. Las especies más abundantes fueron *Astyanax festae* y *Brycon dentex* con 90 individuos cada una, seguidos de *Brycon alburnus* con 84 individuos, la especie más raras o escasas en el lugar fueron *Astroblepus* sp. Y *Chaetostoma fischeri* con un individuo cada una. Las especies con mayor distribución fueron *A. festae* y *B. dentex*, encontrándose en 7 estaciones cada una. En cuanto a la diversidad, el área de muestreo obtuvo un índice de Shannon de 2,03 (diversidad media), y las estaciones con valores altos fueron solamente 1 y 2, con valores de 1,73 y 1,6 respectivamente.

Palabras claves: ictiofauna, distribución, diversidad, abundancia, índice de Shannon

Abstract

A study was done on the Bulubulu river located in the province of Guayas, with the aim of obtaining a record of the diversity, abundance and distribution of the ichthyofauna present in ten stations, using two fishing gear. As a result, 428 individuals were captured, belonging to five orders, nine families, 13 genera, and 14 species. The most abundant species were *Astyanax festae* and *Brycon dentex* with 90 individuals each, followed by *Brycon alburnus* with 84 individuals, the rarest species in the place were *Astroblepus* sp. And *Chaetostoma fischeri* with one individual each. The species with greater distribution were *A. festae* and *B. dentex*, being in 7 stations each. Regarding diversity, the sampling area obtained a Shannon index of 2.03 (average diversity), and stations with high values were only 1 and 2, with values of 1.73 and 1.6 respectively.

Keywords: ichthyofauna, distribution, diversity, abundance, Shannon index.

Introducción

Los cuerpos hídricos poseen una alta biodiversidad de especies animales y vegetales, alcanzando una importancia ecológica, económica e inclusive cultural (Tognelli, Lasso, Bota-Sierra, Jiménez-Segura y Cox, 2016). De esta riqueza faunística, los peces representan el grupo más abundante; Se han reportado aproximadamente 28 000 especies de peces entre marinos (58%), de agua dulce (41%) y estuarinas en un 1% (Helfman, Collette, y Facey, 1997; Nelson, 2006; Leveque, Oberdorff, Paugy, Stiassny, Tedesco, 2008).

En términos regionales, Sudamérica cuenta con 4 475 especies de peces y probablemente existan 1 550 no

descritas, representando una alta biodiversidad en la región tropical (Reis et al., 2003).

Ecuador posee una amplia diversidad de peces que habitan en aguas continentales y muchas de estas ellas son cultivadas como especies comerciales y de subsistencia; por lo tanto, los cuerpos hídricos en Ecuador presentan importancia socioeconómica para las comunidades asentadas en su entorno (López et al., 2015).

Un aspecto generalizado es que, en Ecuador existe carencia de un registro oficial de los peces de aguas continentales. Aquello puede conllevar a un mal manejo del recurso, poniendo en peligro la perpetuidad de las especies. Entre los ríos que han

* Correspondencia del autor:
E-mail: holb_stev94@hotmail.com



sido objeto de investigación se encuentran el Guayas, Esmeraldas, Napo y Pastaza; mientras que, los ríos Morona Santiago, Zamora y Upano localizados en el oriente ecuatoriano, poseen escasa o nula información acerca de la ictiofauna presente (Anaguano, 2013).

El río Bulubulu, ubicado en las provincias de Guayas y Cañar, es un cuerpo de agua utilizado con distintos propósitos, una de las actividades principales es la pesca artesanal, ya sea de subsistencia o comercial (El telégrafo, 2016). Sin embargo, no existen estudios sobre la ictiofauna presente en esta cuenca, lo que conlleva a un pobre conocimiento asociado a las especies existentes su abundancia y su variación a lo largo de la cuenca.

Existe la posibilidad de encontrar diferencias en la estructura comunitaria de peces en diferentes zonas del río Bulubulu, por lo tanto, el objetivo del presente estudio es realizar un análisis referente a la diversidad, abundancia y distribución de la ictiofauna presente en el río Bulubulu.

Antecedentes

Uno de los primeros artículos publicados sobre la riqueza ictiofaunística del Ecuador fue realizado por James Bohlke (1958), a manera de informe, titulado “Estudio sobre peces de la familia Characidae del Ecuador”, en la cual se registró al menos 50 especies de carácidos para toda la región.

Ovchynnick (1967) elaboró la primera lista oficial de peces continentales del Ecuador, en ella se reportó un total de 276 especies. Un año después (1968) publicó otra lista, en la cual se registró 295 especies. Finalmente, el mismo autor (1971) elaboró una tercera lista de peces continentales, en la cual se incluyó aspectos biológicos de cada especie, a diferencia de las listas anteriores, y en la cual registró un total de 306 especies.

En lo que se refiere a taxonomía de peces de agua dulce, Stewart y Barriga (1987), publicaron un estudio titulado “Ictiofauna del Río Napo”, en este trabajo se registró alrededor de 473 especies y 225 géneros, estableciendo una diversidad ictiofaunística mayor a las reportadas para cualquier río con tamaño similar en el mundo.

Barriga (1991), elaboró su lista de peces continentales del Ecuador, en ella se reportaron 708 especies correspondientes a 307 géneros y 61 familias. Luego, (1994), llevó a cabo un estudio en la región noroccidente del país, enfocándose en los ríos San Juan, Mira, Mataje y Esmeraldas, aquí se reportaron 34 familias y 82 especies. Dichos estudios sumaron 400 nuevos registros al listado ya conocido en ese momento de la ictiofauna para el Ecuador; esto incluye principalmente los resultados de los estudios del nororiente y noroccidente del país.

Massay (2009) realizó un estudio en la cuenca baja del río Taura, aquí se registraron 121 individuos, colectando 25 especies de las cuales 4 fueron nuevos registros para aguas ecuatorianas.

Barriga (2012), en su trabajo titulado “Lista de peces de agua dulce e Intermareales del Ecuador” presentó una lista de ictiofauna más actualizada con su distribución, aquí se identificó 944 especies de peces de agua dulce, demostrando así la diversidad ictica que posee el país.

Laaz & Torres (2014), publicaron el estudio “lista de peces continentales de la cuenca del río Guayas”, con la finalidad de poder actualizar los registros en este lugar, como resultado se obtuvo 125 especies, estas se encontraron distribuidas en 14 órdenes y 41 familias, cabe destacar que del total de las especies registradas, 55 fueron estrictamente de agua dulce, las cuales corresponden al 45% del total de especies capturadas en el estudio.

Aucaipiña (2017), en su trabajo de titulación realizó un inventario ictiológico del Río Ruidoso, ubicado en la provincia del Guayas, donde identificó 19 especies, distribuidas en 5 órdenes, 12 familias y 17 géneros, de las cuales una especie era introducida (*Oreochromis sp*), siendo el orden Characiformes el más representativo, y las especies *Astyanax festae*, *Rhoadsia altipina* y *Bryconamericus brevisrostris*, las más abundantes en el área de estudio. El mismo año Mawyin (2017), generó otro trabajo de titulación denominado diversidad y abundancia ictiofaunística en el río culebra, ubicado en la misma provincia, donde se encontraron nueve especies, pertenecientes a tres órdenes y cinco familias. Clasificándose en seis especies nativas, dos endémicas y una introducida.

Materiales y métodos

Área de estudio

El río Bulubulu está ubicado en el cantón El Triunfo a 61 Km de Guayaquil, situado en la parte suroeste de la provincia del Guayas. Limita al norte con los cantones Yaguachi, Marcelino Maridueña, al sur con el cantón Naranjal y la provincia de Cañar y al oeste con los cantones Yaguachi y Naranja (Fig.1)

Los muestreos en este lugar fueron realizados durante los meses de enero a diciembre del 2019. Para este propósito se establecieron 10 estaciones de muestreo con sus respectivas coordenadas, abarcando un total de 66 km de recorrido en la cuenca del río.

Las condiciones ambientales en el río Bulubulu fluctúan dependiendo de la zona que atravesase, por este motivo existen variaciones en la temperatura de sus aguas (Varela y Ron, 2018). En sus aguas se realizan actividades como turismo, hay zonas en que el río es utilizado para el riego de zonas agrícolas, y algunas partes del mismo se usan para la pesca.

Artes de pesca utilizados Pesca de arrastre

Se empleó una red de chinchorro que es una red de encierro, formada de malla rectangular, de 5 metros de ancho por 1,5 metros de alto, con un ojo de malla de 1 cm (Fig.2).

Atarraya

Para este método se utilizó una red circular en forma de sombrilla, con una línea de plomos en los bordes, con un diámetro de 5 metros, con luz de malla de 1 cm (Fig.3).

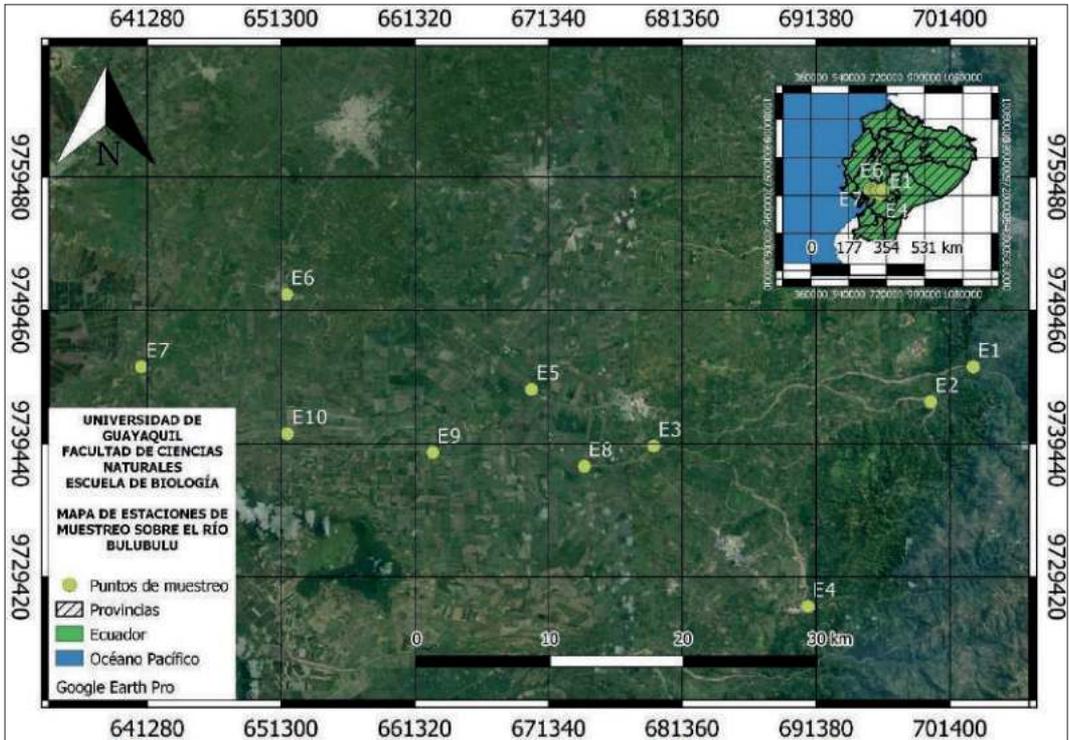


Figura 1. Estaciones de muestreo en el río Bulubulu, Provincia del Guayas

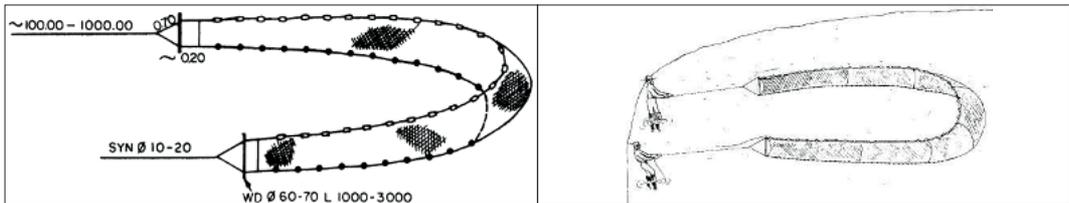


Figura 2. Esquema de la red de arrastre o Chinchorro: A) Forma de la red; B) Uso de red.

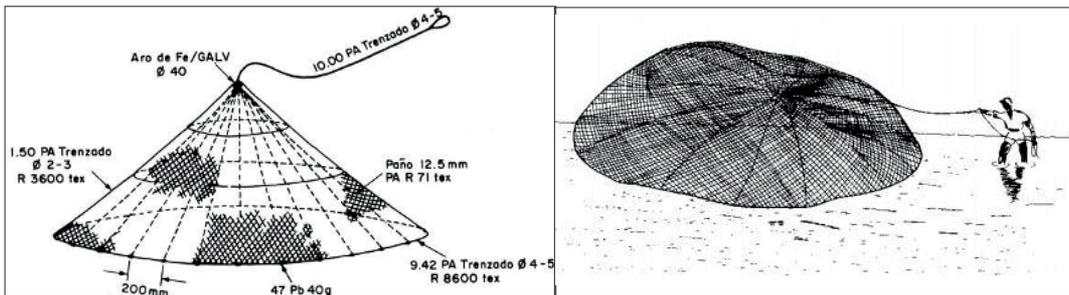


Figura 3. Esquema de la red de atarraya: A) forma de la red; B) Uso de la red

Preservación y transporte de muestras

Las muestras fueron fotografiadas y etiquetadas, anotando el sitio de muestreo, fecha de colecta, colector, posterior a esto, posteriormente se trasladaron al laboratorio LIRBA de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil,

para este fin, los peces capturados fueron colocados en fundas y baldes que contenían una solución de formaldehído al 10%. Las muestras se mantuvieron entre 24 a 48 horas en esta solución, posteriormente, fueron lavadas para ser colocadas en una solución de etanol al 70 %.

Tabla 1. Índice de diversidad de Shannon para cada estación de muestreo

Estación	Índice de diversidad
1	1,728
2	1,604
3	1,333
4	1,333
5	1,256
6	1,396
7	1,046
8	1,255
9	1,456
10	1,28
total	2,029

(Jiménez et al., 2014); (Maldonado et al., 2005); (Anzuetto et al., 2013) y la Guía de (Laaz y Torres, 2014).

Abundancia relativa

Para determinar la abundancia relativa se realizó un conteo de número de individuos por especie, para determinar la abundancia total, y posteriormente por punto de muestreo.

Diversidad

Se calculó por medio del índice de Shannon-Weaver, para esto se usó el programa PAST. Que se basa en la formula a continuación.

$$(H') = - (\sum p_i \ln p_i)$$

Donde $p_i = n_i/N$ y $N = \sum n_i$ p_i : Abundancia relativa o proporción de cada especie

n_i : Número de individuos de la especie i

N : Población total

Análisis de datos

Identificación taxonómica de las especies

Se realizó con claves taxonómicas actualizadas

Resultados

En el área de estudio se encontraron 428 individuos, pertenecientes a cinco ordenes, nueve familias, 13

Tabla 2. Lista de especies encontradas en cada estación de muestreo del Río Bulubulu.

ESPECIE											TOTAL
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	
<i>Achirus scutum</i>									3		3
<i>Andinoacara rivulatus</i>	1	6				6					13
<i>Astroblepus</i> sp.		1									1
<i>Astyanax festae</i>			19	3	18	19	10	10	11		90
<i>Brycon alburnus</i>	6	25		18		8	19	8			84
<i>Brycon dentex</i>			17		16	17	23	2	6	9	90
<i>Chaetostoma fischeri</i>	1										1
<i>Eretmobrycon brevisrostris</i>					1					5	6
<i>Oreochromis</i> sp.			21	7	5			5	14	16	68
<i>Pimelodella modestus</i>									4		4
<i>Poecilia reticulata</i>	5	10	8	3	3					6	35
<i>Rhoadsia altipinna</i>	1	12		4		2					19
<i>Transancistrus santarosensis</i>	4	3									7
<i>Trychomicterus taenia</i>	3	4									7
TOTAL	21	61	65	35	43	52	52	25	38	36	428

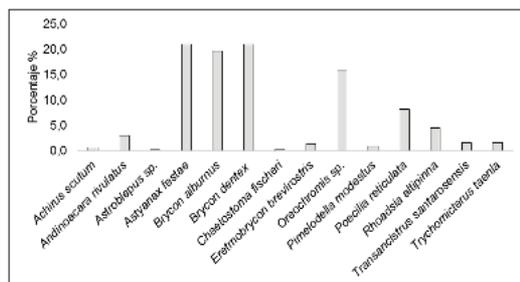


Figura 4. Abundancia relativa de peces en el río Bulubulu.

géneros, y 14 especies, de las cuales, las especies más abundantes fueron *Astyanax festae* y *Brycon dentex*, con un total de 90 individuos cada una, seguidos de *Brycon alburnus* con 84 individuos, la especie más raras o escasas en el lugar fueron *Astroblepus sp.* y *Chaetostoma fischeri* con un total de un individuo cada especie (tabla 2).

Diversidad

Para todo el lugar de estudio se obtuvo un índice de diversidad de Shannon de 2,03 lo que indica una diversidad media en el lugar. Sin embargo en los resultados por estación se obtuvieron índices de diversidad bajos, exceptuando las estaciones 1 y 2, las cuales mostraron valores de 1,72 y 1,6 respectivamente (Tabla 1).

Abundancia

Brycon dentex y *Astyanax festae* fueron las especies más abundante, seguidos de *Brycon alburnus* y *Oreochromis sp.* Por último *Astroblepus sp.* y *Chaetostoma fischeri* fueron las especies menos abundantes (Fig. 4).

Resultados cuantitativos por estaciones de muestreo

Estación 1

En este punto se lograron capturar 21 individuos, pertenecientes a cuatro órdenes, seis familias y siete géneros.

Abundancia.

Se puede apreciar que las especies más abundante fueron *Brycon alburnus*, *Poecilia reticulata* y *Transancistrus santarosensis*. *Rhoadsia altipina*, *Andinoacara rivulatus* y *Chaetostoma fischeri* fueron las menos abundantes (Tabla 3).

Estación 2

En este punto de muestreo se identificaron 61 individuos, pertenecientes a cuatro órdenes, siete familias y siete géneros.

Abundancia

Las especies más abundantes en este punto fueron *Brycon alburnus*, seguida de *Rhoadsia altipina* y *Poecilia reticulata*, la especie menos abundante fue *Astroblepus sp.* (Tabla 4).

Estación 3

En la estación 3, se capturaron 65 individuos, distribuidos en tres órdenes, cuatro familias y cuatro géneros.

Abundancia.

Las especies más abundantes fueron *Oreochromis sp.*, *Astyanax festae* y *Brycon dentex*, la especie menos abundante fue *Poecilia reticulata* (Tabla 5).

Estación 4

En este punto de muestreo se encontraron 35 individuos, distribuidos en tres órdenes, cuatro familias y cinco géneros.

Abundancia.

Las especies más abundantes fueron *Brycon alburnus* y *Oreochromis sp.*, las especies *Astyanax festae* y *Poecilia reticulata* fueron las menos abundantes (Tabla 6).

Estación 5

En este punto de muestreo se encontraron 43 individuos, distribuidos en tres órdenes, cuatro familias y cinco géneros.

Tabla 3. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 1.

Estación 1				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	6	28,6
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia altipina</i>	1	4,8
Perciformes	Cichilidae	<i>Andinoacara rivulatus</i>	1	4,8
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma fischeri</i>	1	4,8
Siluriformes	Loricariidae	<i>Transancistrus santarosensis</i>	4	19,0
Siluriformes	Trychomictoridae	<i>Trychomicterus taenia</i>	3	14,3
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	5	23,8
TOTAL			21	100

Tabla 4. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 2.

Estación 2				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	25	41,0
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia altipinna</i>	12	19,7
Perciformes	Cichilidae	<i>Andinoacara rivulatus</i>	6	9,8
Siluriformes	Loricariidae	<i>Transancistrus santarosensis</i>	3	4,9
Siluriformes	Trychomcteridae	<i>Trychomicterus taenia</i>	4	6,6
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	10	16,4
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	1	1,6
TOTAL			61	100,0

Tabla 5. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 3.

Estación 3				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	8	12,3
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	19	29,2
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	17	26,2
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis</i> sp.	21	32,3
TOTAL			65	100,0

Tabla 6. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 4.

Estación 4				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	18	51,4
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia altipinna</i>	4	11,4
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis</i> sp.	7	20,0
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	3	8,6
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	3	8,6
TOTAL			35	100,0

Tabla 7. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 5.

Estación 5				
orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	18	41,9
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	16	37,2
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	3	7,0
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis</i> sp.	5	11,6
Characiformes	Characidae	<i>Eretmobrycon brevirostris</i>	1	2,3
TOTAL			43	100,0

Abundancia.

Las especies más abundantes en esta estación fueron *Astyanax festae* y *Brycon dentex*, la especie menos abundante fue *Eretmobycon brevisrostris*. (Tabla 7)

Estación 6

En este punto de muestreo se capturaron 52 individuos, pertenecientes a dos órdenes, tres familias y cuatro géneros, y cinco especies.

Abundancia

Astyanax festae y *Brycon dentex* fueron las especies más abundantes, la especie menos abundante fue *Rhoadsia altipina* (Tabla 8).

Estación 7

En este punto se capturaron 52 individuos, pertenecientes a un orden, dos familias y tres géneros.

Abundancia

La especie con mayor abundancia fueron *Brycon dentex* y *Brycon alburnus*, La especie menos abundante fue *Astyanax festae* (Tabla 9).

Estación 8

En este punto de muestreo se capturaron 25 individuos, distribuidos en dos órdenes, tres familias, tres géneros y cuatro especies.

Abundancia

Las especies más abundantes fueron *Astyanax festae* y *Brycon alburnus*, la especie menos abundante fue *Brycon dentex* (Tabla 10).

Estación 9

En este lugar se encontraron 38 individuos pertenecientes a cuatro órdenes, cinco familias y cinco géneros.

Abundancia.

Las especies con mayor abundancia fueron *Oreochromis* sp. y *Astyanax festae*, la especie menos abundante fue *Achirus scutum* (Tabla 11).

Estación 10

En este punto se capturaron 36 individuos, distribuidos en tres órdenes, cuatro familias y cuatro géneros.

Abundancia.

Las especies más abundantes en esta estación de muestreo fueron *Oreochromis* sp. y *Brycon dentex*, la especie menos abundante fue *Eretmobycon brevisrostris* (Tabla 12).

Distribución de especies

Las especies que tuvieron distribución alta en las diferentes estaciones de muestreo fueron *Astyanax festae* y *Brycon dentex*, ambas estuvieron presentes en siete estaciones de muestreo (Figs. 8 y 10); Las especies con una distribución media fueron *Brycon alburnus*, *Oreochromis* sp. y *Poecilla reticulata*, estando presentes en un total de seis estaciones cada una (Figs. 9, 13 y 15). Por último, las especies con una distribución restringida fueron *Achirus scutum*, *Astroblepus* sp., *Chaetostoma fischeri* y *Pimelodella modestus*, las cuales estuvieron presentes en solamente una estación cada una (Figs. 5, 7, 11, 14).

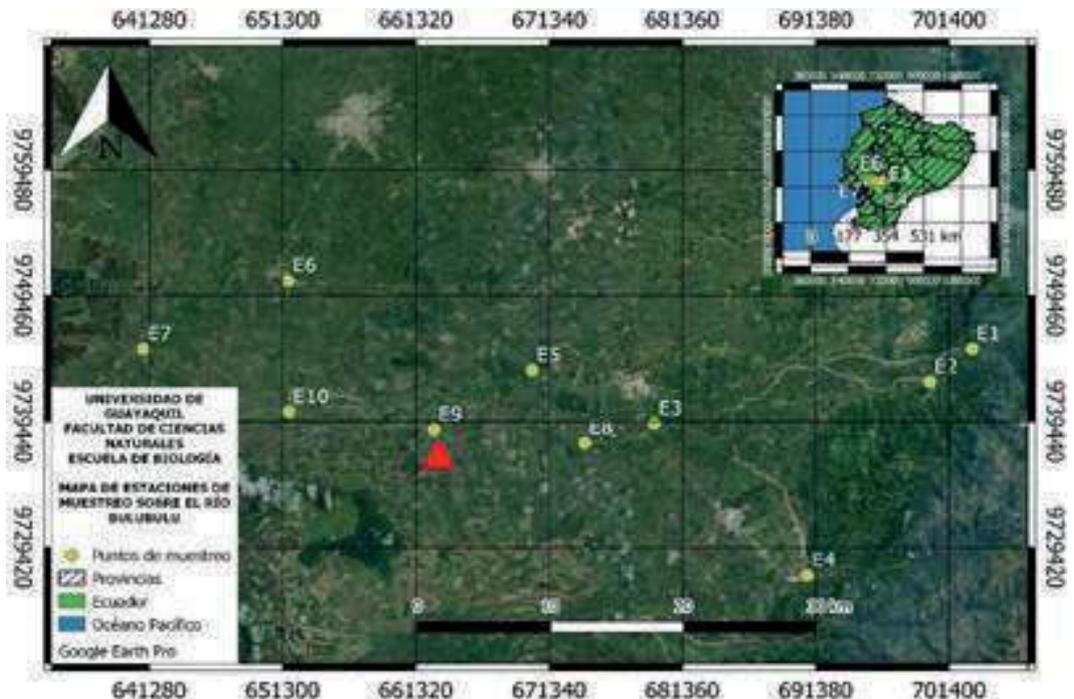


Figura 5. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Achirus scutum* en el río Bulubulu

Tabla 8. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 6.

Estación 6				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	8	15,4
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia altipinna</i>	2	3,8
Perciformes	Cichilidae	<i>Andinoacara rivulatus</i>	6	11,5
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	19	36,5
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	17	32,7
TOTAL			52	100,0

Tabla 9. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 7.

Estación 7				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	19	36,5
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	10	19,2
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	23	44,2
TOTAL			52	100,0

Tabla 10. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 8.

estación 8				
orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	10	40,0
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	2	8,0
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis sp.</i>	5	20,0
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	8	32,0
TOTAL			25	100,0

Tabla 11. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 9.

Estación 9				
orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	11	28,9
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	6	15,8
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis sp.</i>	14	36,8
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus scutum</i>	3	7,9
Siluriformes	Heptateridae	<i>Pimelodella modestus</i>	4	10,5
TOTAL			38	100,0

Tabla 12. Composición y estructura de la ictiofauna presente en la estación 10.

Estación 10				
Orden	Familia	N. científico	N. de individuos	Porcentaje %
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	6	16,7
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	9	25,0
Perciformes	Cichilidae	<i>Oreochromis sp.</i>	16	44,4
Characiformes	Characidae	<i>Eretmodycon brevirostris</i>	5	13,9
TOTAL			36	100,0

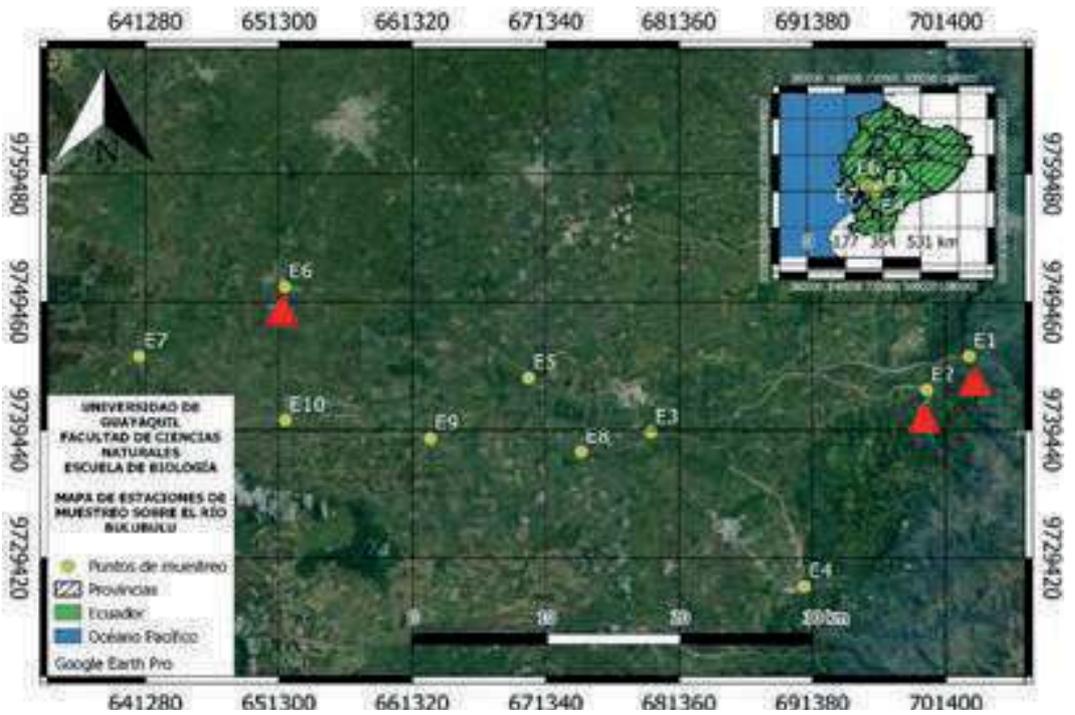


Figura 6. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Andinoacara rivulatus* en el río Bulubulu.

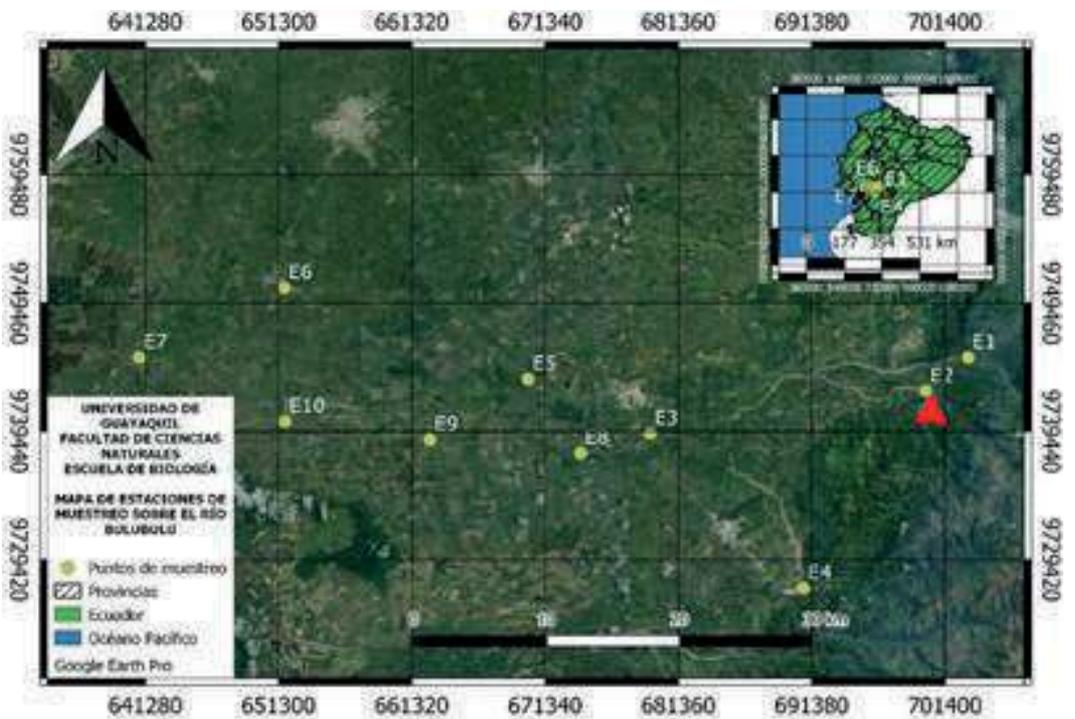


Figura 7. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Astroblepus* sp. en el río Bulubulu

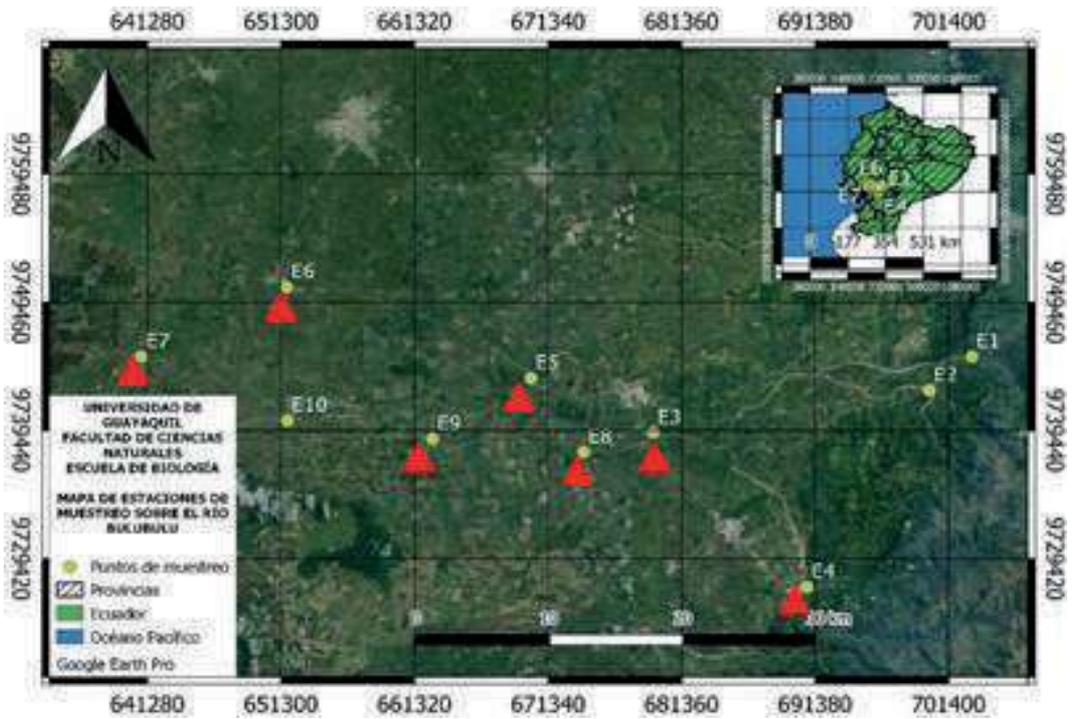


Figura 8. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Astyanax festae* en el río Bulubulu

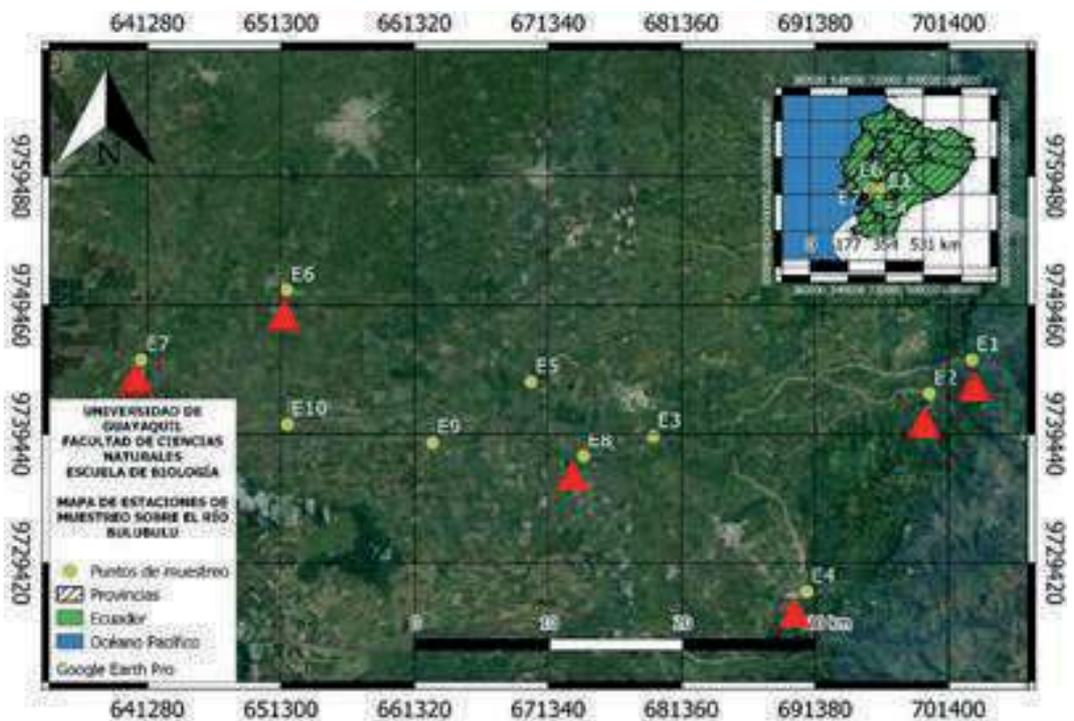


Figura 9. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Brycon alburnus* en el río Bulubulu

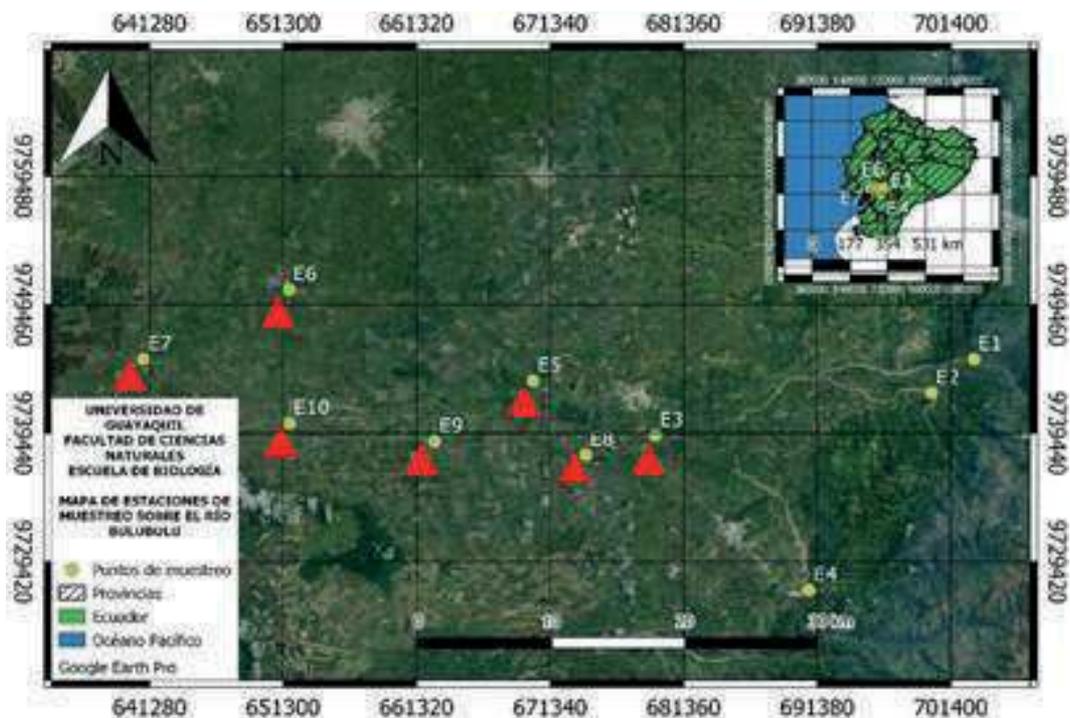


Figura 10. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Brycon dentex* en el río Bulubulu

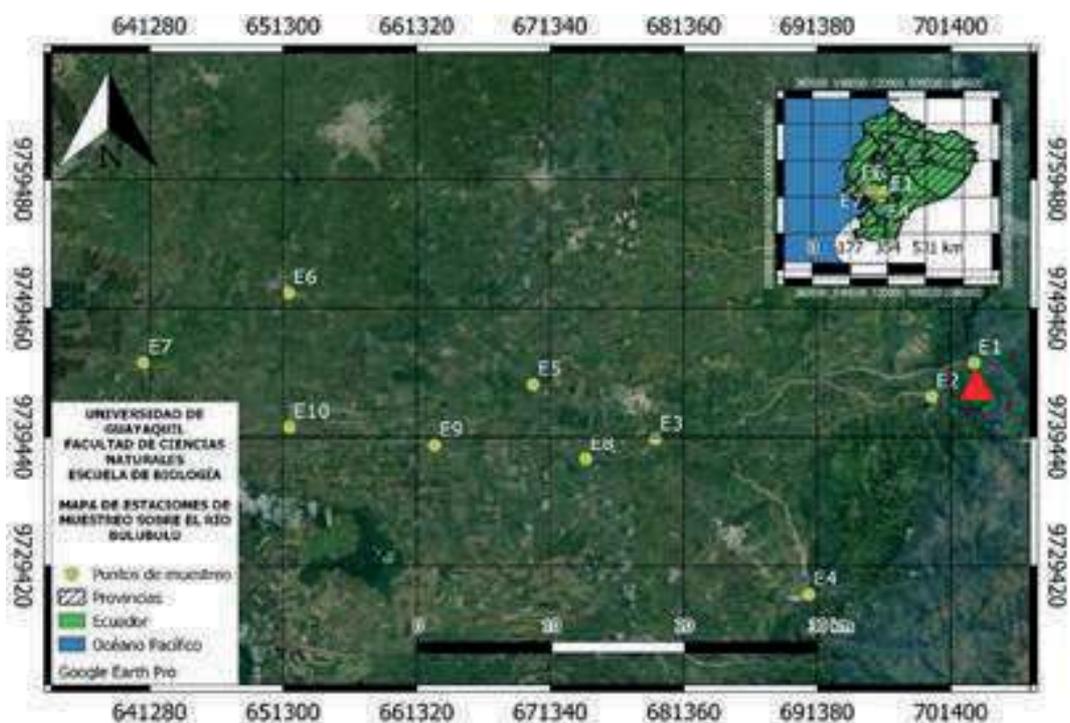


Figura 11. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Chaetostoma fisheri* en el río Bulubulu

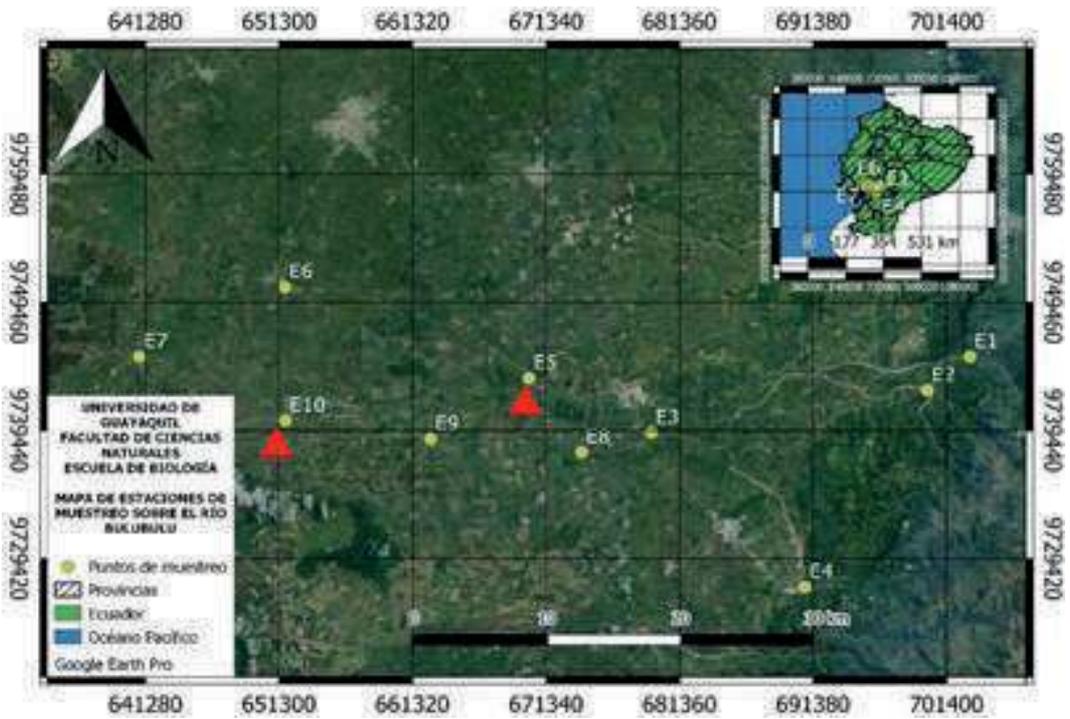


Figura 12. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Eretmobrycon breviostris* en el río Bulubulu

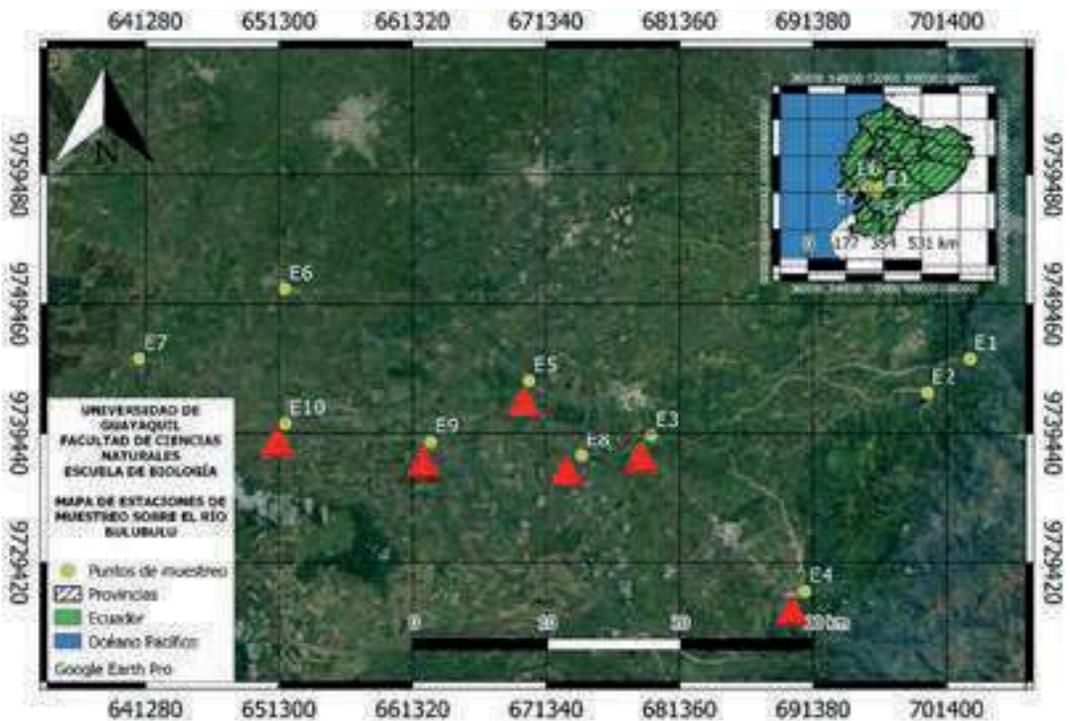


Figura 13. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Oreochromis sp.* en el río Bulubulu

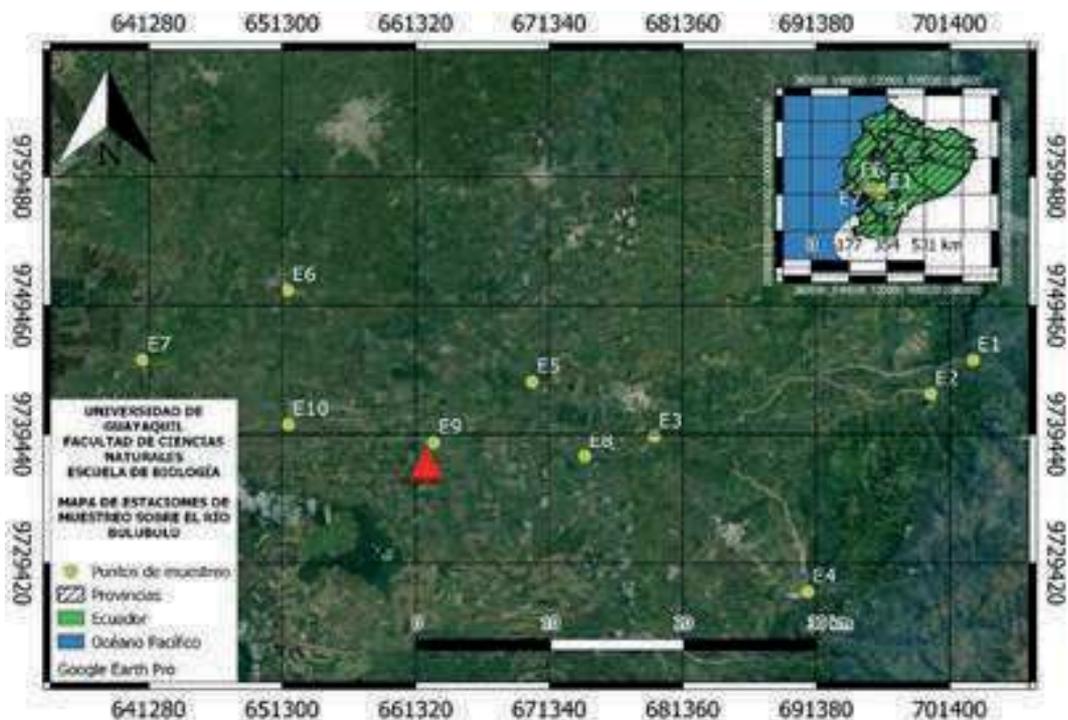


Figura 14. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Pimelodella modestus* en el río Bulubulu.

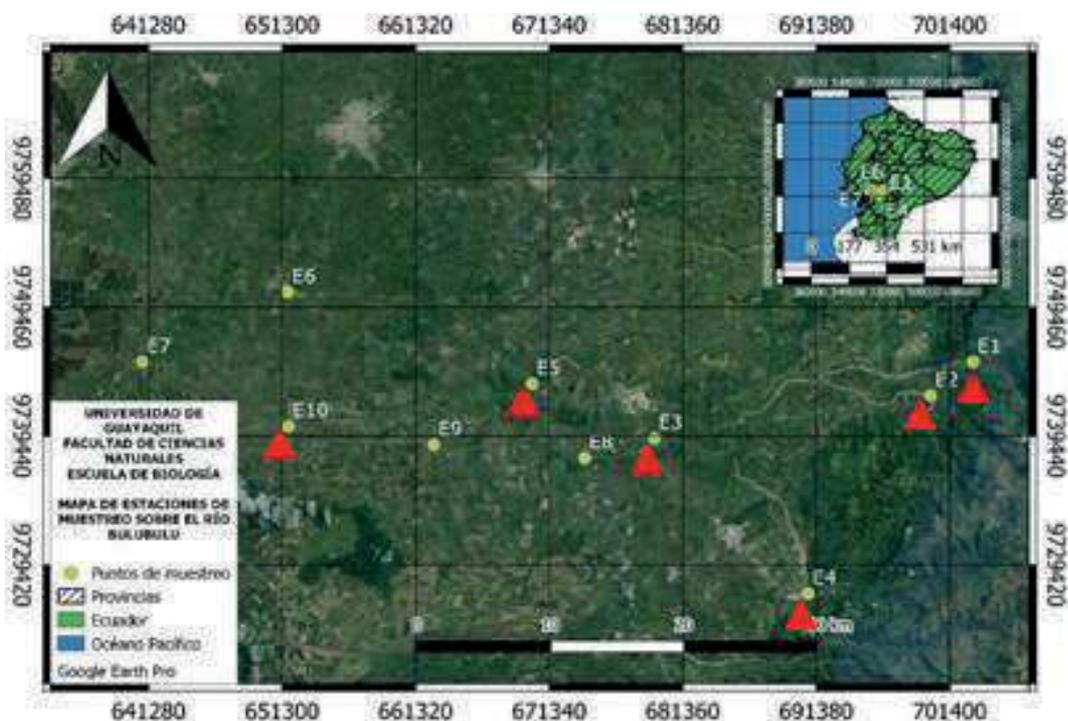


Figura 15. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Poecilia reticulata* en el río Bulubulu

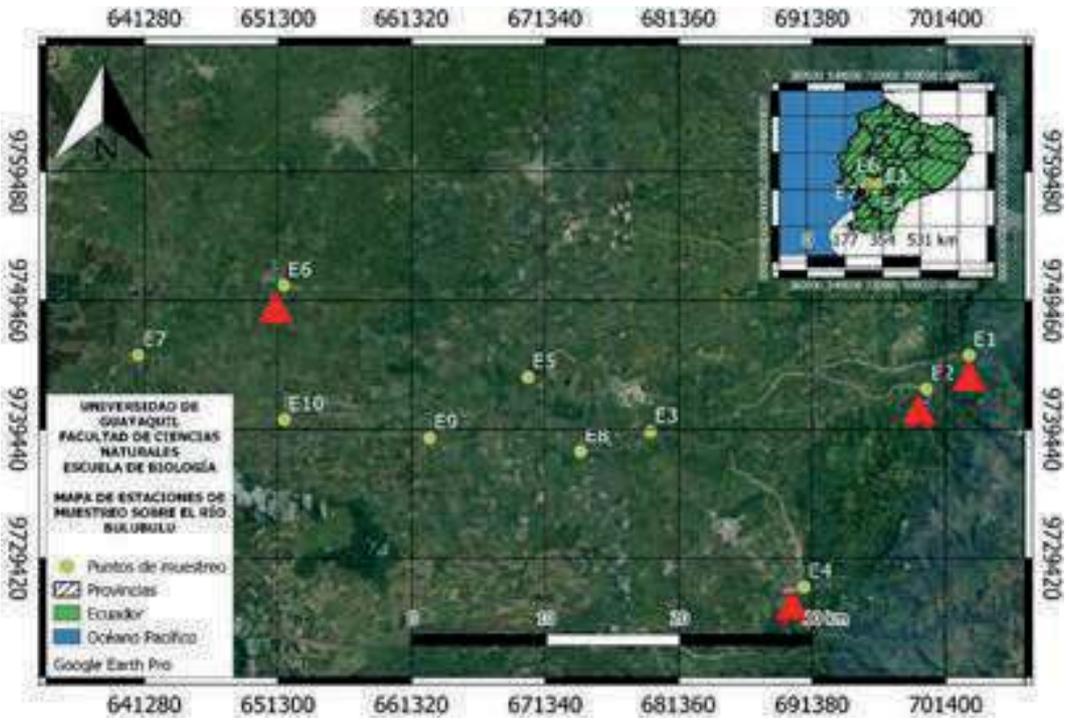


Figura 16. Estaciones de muestreo que presentaron especímenes de *Rhoadsia altipinna* en el río Bulubulu

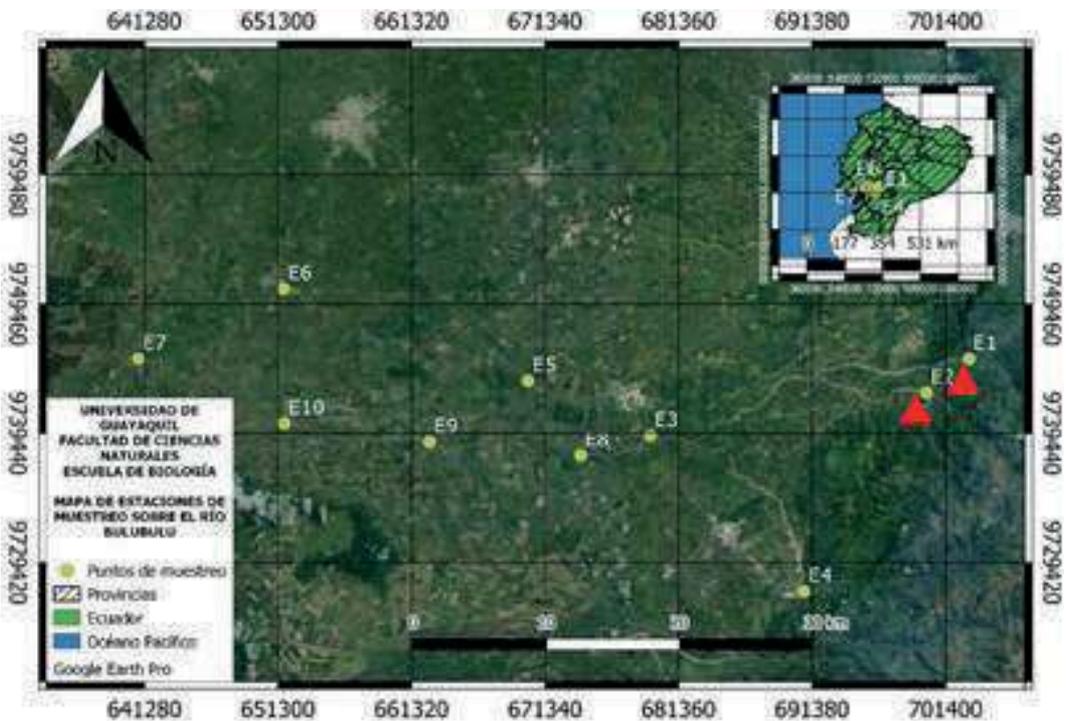


Figura 17. Estaciones demuestreo que presentaron especímenes de *Transancistrus santarosensis* en el río Bulubulu

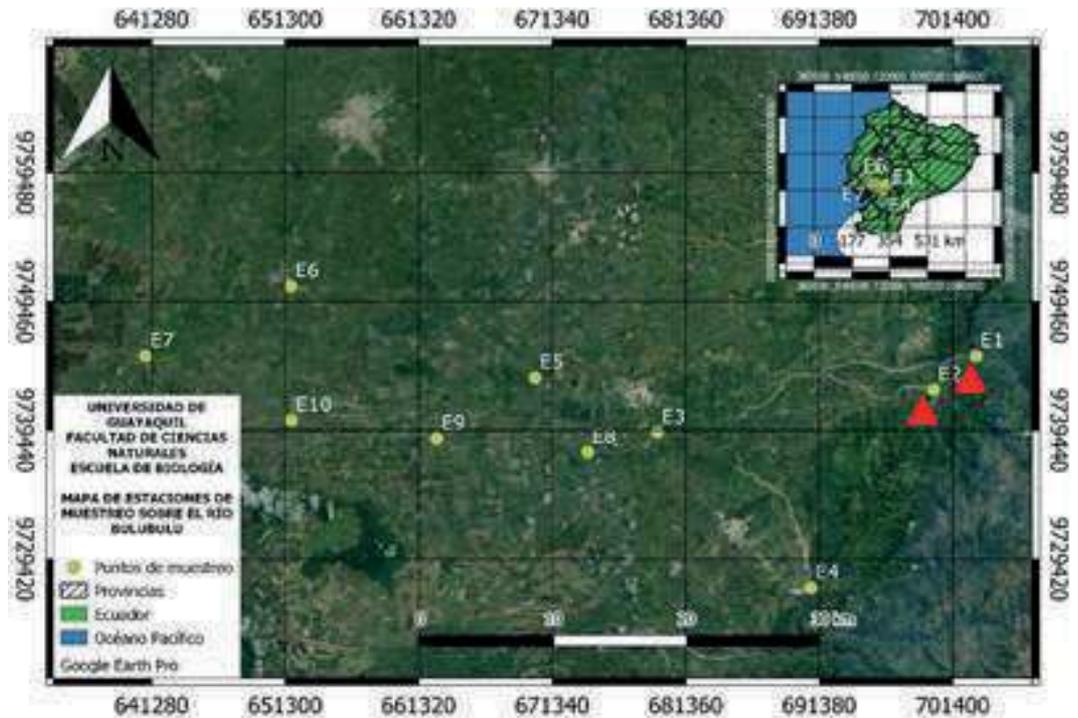


Figura 18. Estaciones demuestreo que presentaron especímenes de *Trychomicterus taenia* en el río Bulubulu

Discusión

En este estudio se identificaron un total de 14 especies de peces. Aquello representa el 1,6% de la ictiofauna de agua dulce del Ecuador según lo reportado por Barriga (2012), quien identificó 944 especies. Stewart et al. (1987) identificó alrededor de 473 especies en el río Napo, lo cual se relaciona con la extensión de este río, sus afluentes y la ubicación geográfica del mismo (selva amazónica).

Nuestros resultados se asemejan a los reportados por Aucapiña (2017) en Río Ruidoso y Mawyin (2017) en el Río Culebra, quienes encontraron 19 y 9 especies de peces, respectivamente. Sin embargo, en el estudio realizado en Río Bulubulu se obtuvo un total de 428 individuos, un resultado similar al encontrado en el río Culebra (437 individuos), pero diferenciándose en gran manera del trabajo realizado por Aucapiña, el cual presentó un total de 1 965 individuos capturados. Esto se debería a que el río estudiado por ese autor atraviesa una reserva (Manglares Churute), por lo tanto, existe una mayor conservación de la ictiofauna en esa cuenca.

Massay (2009) en su estudio de la cuenca baja del río Taura, parte de la cuenca del río Bulubulu, identificó 25 especies. Este es un valor mayor al obtenido en el presente estudio, que podría relacionarse con la diferencia temporal y con la influencia antropogénica en esta parte del río.

Mientras en el estudio hecho por Massay se lograron identificar cuatro nuevas especies, durante la realización del presente trabajo no se pudo encontrar nuevos registros y se obtuvo una baja diversidad. Aquello podría deberse a la diferencia estacional en el estudio, ya que en temporada lluviosa el índice de abundancia es mayor.

En cuanto a la abundancia relativa, se comparte el resultado al obtenido por Aucapiña (2017) el cual determinó que *Astyanax festae* con 610 individuos era la especie más abundante en el área de estudio, esto podría ser resultado de las características físicas similares entre ambos ríos. Sin embargo, esta conclusión no es compartida por el estudio realizado en el río Culebra, el cual menciona a *Oreochromis* sp. como la especie más abundante, con un total de 81 individuos,

esta diferencia se puede explicar observando los puntos de muestreo (seis), un número inferior al utilizado en el presente estudio.

Se observa una gran diferencia en riqueza de especies en comparación con el trabajo realizado por Laaz & Torres (2015) en la cuenca del río Guayas, donde se obtuvo un total de 125 especies, de las cuales seis eran introducidas. En el presente estudio solo se encontró una especie de este tipo (*Oreochromis* sp.), esto debido a la diferencia en morfología y extensión de las cuencas estudiadas, además de existir grandes

diferencias en cuanto a taxonomía, debido a que en el primer trabajo se cita a la especie *Bryconamericus brevisrostris*, la cual cambió su taxonomía recientemente, ya que en el estudio realizado por Thomaz, Arcila, Ortí y Malabarba (2015). Se lo trasladó al género *Eretmobrycon*. Esto refleja la importancia de realizar estudios constantemente, para actualizar listas de especies y registrar cambios que pueden suscitarse debido a la actualización taxonómica.

Las especies *Brycon alburnus* y *Brycon dentex* formaban parte de la familia Characidae, denominación que cambió gracias al trabajo realizado por Oliveira et al. (2015). Ahora formando parte de la familia Bryconidae. Por esta razón, en trabajos anteriores se aprecia esta diferencia en la taxonomía de ambas especies, sin embargo, en este trabajo se realizaron las identificaciones taxonómicas bajo esta nueva clasificación.

Conclusiones

En el presente estudio realizado en el río Bulubulu la abundancia total fue de 428 individuos. De los cuales solamente una especie es introducida (*Oreochromis* sp.). La cual tuvo una abundancia relativa del 15,9% y una distribución media.

El orden más abundante fue Characiformes y el orden Siluriformes fue el más diverso

En el orden Characiformes, la familia más abundante fue Bryconidae y la más diversa fue Characidae

A nivel de especie, las que obtuvieron una mayor representatividad fueron *Astyanax festae* y *Brycon dentex*, ambas comprenden el 42% del total de individuos muestreados.

Astyanax festae y *Brycon dentex* tuvieron una distribución más amplia, compartiendo hábitat en seis estaciones.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios estacionales en este río para analizar la fluctuación en la diversidad y abundancia del mismo.
- Realizar muestreos relacionados al tipo de cuenca (alta, media y baja), debido a los cambios que podrían ocurrir a nivel diversidad de especies
- Realizar un estudio sobre la afectación antropogénica en la cuenca baja del río Bulubulu, a nivel de calidad de agua e ictiofauna.
- Efectuar investigaciones sobre la biología de las especies presentes en el río Bulubulu, debido a los cambios que podrían estar suscitándose por las afectaciones antropogénicas en diferentes partes de la cuenca del río.

Bibliografía

- Anaguano, F. (2013). Peces de la Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales. Pág. 9.
- Anzueto, M., Velázquez, E., Gómez, A., Quiñonez, R., y Olson, B. (2013). Peces de la reserva de la biosfera selva El Ocote, Chiapas, México. Universidad de ciencias y artes de Chiapas. Pág. 139.
- Aucapiña, C. (2017). Inventario ictiológico del Río Ruidoso ("recinto El Mango" - provincia del Guayas). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.
- Barriga, R. (1991). Lista de peces de agua dulce e intermareales de Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Barriga, R. (1994). Peces del noroeste del Ecuador. Politécnica 19(2):43-154. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5084>.
- Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Böhlke, J. (1958). Studies on Fishes of the family Characidae. N° 14. A report on several extensive recent collections from Ecuador. Proceedings of the Academy of Natural Sciences. Philadelphia Pp: 110:1-121.
- Vecinos de Pedro J. Montero denuncian contaminación del río Bulubulu (20 de diciembre de 2016). *El telégrafo*. Recuperado de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/vecinos-de-pedro-j-montero-denuncian-contaminacion-del-rio-bulubulu>
- Esta noticia ha sido publicada originalmente por Diario EL TELÉGRAFO bajo la siguiente dirección: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/vecinos-de-pedro-j-montero-denuncian-contaminacion-del-rio-bulubulu>
- Si va a hacer uso de la misma, por favor, cite nuestra fuente y coloque un enlace hacia la nota original. www.eltelegrafo.com.ec
- Helfman, C., Collette, B., y Facey, D. (1997). The diversity of fishes. Blackwell Science. USA. 528 pp.
- Jiménez, L., Álvarez, J., Ochoa, L., Loaiza, A., Londoño, J., Restrepo, D., Aguirre, K., Hernández, A., Correa J., y Jaramillo-Villa U. (2014). Guía Ilustrada Peces Cañón del río Porce, Antioquia. EPM. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia - Medellín, Colombia. Pág. 106.
- Laaz, E., y Torres, A. (2014). "Lista de peces continentales de la Cuenca del Río Guayas". Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico-Oriental. Pág. 45
- Leveque, C., Oberdorff, T., Paugy D., Stiassny M., Tedesco, P. (2008). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* (2008). 595:545-567 pp.
- López, A., Gallegos, M., Gómez, J., Rodríguez, J., Ledesma, L., Rodríguez, J., y Angón, E. (2015). Adaptación y curvas de crecimiento de la vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) y vieja colorada (*Cichlasoma festae*), cultivadas bajo condiciones controladas. Universidad Técnica de Babahoyo. Pág. 110.
- Maldonado, O., Ortega, J., Usma O., Galvis V., Villa-Navarro, F., Vásquez G., Prada- Pedreros, S., y Ardila R. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt». Bogotá, D.C. Colombia. Pág. 346.
- Massay, S. (2009). Peces estuarinos y dulceacuicolas de la cuenca baja del río Taura. Universidad de Guayaquil.

Ecuador.

- Mawyin, A. (2017). Diversidad y abundancia ictiofaunística en el río Culebra (Guayas - Ecuador). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.
- Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the World*. 4th Edition. John Wiley y Sons, Hoboken, New Jersey, 624 pp.
- Oliveira, C., Avelino, G.S., Abe, K.T., Mariguela, T. C., Benine, R. C., Orti, G., Vari, R. P., y Correa e Castro, R. M. (2011). Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysii: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *BMC Evol Biol* 11, 275.
- Ovchynnyk, M. (1967). Freshwater fishes of Ecuador, Latin America Studies Center. Michigan State University. Pp: 1-44.
- Ovchynnyk, M. (1968). Annotated list of the freshwater fish of Ecuador. *Zoologistcher Anzeiger*. Pp: 237-268.
- Ovchynnyk, M. (1971). Peces de agua dulce del Ecuador y sus perspectivas para desarrollar su cultivo. Latin American Studies Center. Michigan State University, USA. Pp: 142.
- Reis, E., Kullander, O., y Ferraris, Jr. (2003). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. *Edipucrs*, Sao Paulo. Pág, 120.
- Stewart, D., Barriga, R. & Ibarra, M. (1987). Ictiofauna de la cuenca del río Napo.
- Thomaz, A., Arcila, D., Orti, G., & Malabarba, L. (2015). Molecular phylogeny of the subfamily Stevardiinae Gill, 1858 (Characiformes: Characidae): classification and the evolution of reproductive traits. *BMC Evolutionary Biology* volume, 15(146).
- Tognelli, M., Lasso, C., Bota-Sierra, C., Jiménez-Segura, L. y Cox, N. (2016). Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales. Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA: UICN. 199 pp.
- Varela, L. A., Ron, S. R. 2018. Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/geoclima/> Consulta: 31 de enero 2019.

Variación espacio-temporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa en Salango, provincia de Manabí, Ecuador

Spatio-temporal variation in the macroalgae composition in the rocky
intertidal zone in Salango, Manabi province, Ecuador

César Sánchez^{1*} & Genoveva Torres²

¹ *Interagua, laboratorio de Aguas-Ecuador*

² *Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales,
IIRN, Avenida Juan Tanca Marengo s/n Avenida Las Aguas*

Recibido 10 de abril 2021; recibido en forma revisada 2 de mayo 2021, aceptado 4 de junio 2021
Disponible en línea 26 de junio 2021

Resumen

En el presente trabajo se determinó la variación espaciotemporal en la composición de macroalgas en dos sitios de muestreo localizados en Salango, provincia de Manabí, en la costa de Ecuador. Se registraron las variaciones de los grupos taxonómicos, cobertura y diversidad en función del tiempo. La metodología empleada es la de SARCE y el manual de métodos de ecosistemas marino-costero para establecer impactos ambientales. Entre los resultados, *Centroceras clavulatum* es la especie que presenta el mayor registro en ambas localidades muestreadas. La mayor cobertura en la estación sur está representada por Chlorophyta (37%), mientras que, en el norte se registró una mayor cobertura de Rhodophyta (39%). Según el índice de Shannon-Wiener e valor máximo de diversidad se dio en noviembre para el norte y sur de Salango 2,1 y 2,3 respectivamente. La variación temporal, demostró que los grupos de Rhodophyta y Chlorophyta presentan cambios en cuanto al número de individuos entre los meses de octubre y noviembre del 2019, Los índices de diversidad presentaron niveles elevados en noviembre. Los valores de similitud coinciden con la diversidad de especies y riqueza de especies en el mes de noviembre donde se obtuvieron los valores de salinidad más altos sugiriendo que sus poblaciones poseen una serie de variaciones espaciales, pero no tienen una dinámica paralela y cada grupo atiende a diferentes requerimientos para su población.

Palabras claves: cobertura, diversidad, macroalgas, variación.

Abstract

In this work, the space-time variation in macroalgae composition was determined at two sampling sites located in Salango, Manabí province, on the coast of Ecuador. Variations in taxonomic groups, coverage and diversity were recorded over time. The methodology used is sarCE and the marine-coastal ecosystem method manual for establishing environmental impacts. Among the results, *Centroceras clavulatum* is the species with the largest record in both sampled locations. The largest coverage in the southern station is represented by Chlorophyta (37%), while in the north there was a higher coverage of Rhodophyta (39%). According to the Shannon-Wiener index and maximum diversity value was given in November for the north and south of Salango 2.1 and 2.3 respectively. Temporary variation showed that The Rhodophyta and Chlorophyta groups have changes in the number of individuals between October and November 2019, Diversity rates had high levels in November. The similarity values coincide with species diversity and species richness in November where the highest salinity values were obtained by suggesting that their populations have a number of spatial variations, but do not have parallel dynamics and each group meets different requirements for its population.

Keywords: coverage, diversity, macroalgae, variation.

* Correspondencia del autor:

E-mail: cesarsan92@hotmail.com - genoveva.torresm@ug.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Introducción

Las macroalgas son la fuente de la productividad primaria, constituyen la base de la red trófica para los ecosistemas marino-costeros, también contribuyen en la formación de grandes cantidades de materia orgánica que pasan a formar parte de la cadena alimentaria. Son componentes de diferentes ambientes en donde proporcionan nutrientes, hábitat, refugio y zonas de asentamiento larval, además tienen la facultad de asentarse en distintos sustratos arenosos, arrecifes de coral, litorales rocosos y manglares, adoptando diferentes tipos de morfología en función de la complejidad de su estructura y adaptaciones al medio (Carr, 1991; Cordero, 2016).

Los sustratos rocosos en las zonas intermareales forman uno de los principales hábitats para el asentamiento de las macroalgas, su distribución en estos sustratos depende de los factores abióticos y su interacción con el medio, tales como el nivel de la marea, la influencia del oleaje y los diferentes tipos de roca. Los diversos tipos de sustratos pueden incluir plataformas, acantilados, bloques y cantos rodados (Cordero, 2016; García, Acosta, Londoño-Cruz, & Cantera, 2012; Manzanos, 2014).

La flora de la Zona Intermareal Rocosa (ZIR) está constituida por algas rojas (Rhodophyta), verdes (Chlorophyta) y pardas (Phaeophyta), con esta interactúa una fauna asociada constituida en su mayoría por distintas especies de invertebrados marinos. La zona intermareal se divide en tres áreas: (i) la zona supralitoral, en donde solo recibe la humedad por aspersión o "rocío" del mar; (ii) la zona mesolitoral, está cubierta durante el periodo de pleamar, pero permanece expuesta en condiciones de bajamar; y, (iii) la zona infra litoral, sumergida por largos periodos, excepto durante el ciclo donde la marea alcanza su máxima bajamar. En cada zona, las condiciones ambientales tanto físicas (deseccación, temperatura), como químicas (salinidad, concentración de oxígeno) y nutrientes varían por los periodos de transición de la marea (INVEMAR, 2004; Menge & Branch, 2001; Vinueza & Flores, 2002).

Las comunidades de macroalgas y los distintos grupos de organismos que están asociadas a los ZIR, son de vital importancia desde un punto de vista ecológico y científico. Desde la perspectiva de la ecología han demostrado ser indispensable para el funcionamiento y desarrollo de los distintos ecosistemas en las zonas costeras, en igual forma todas estas comunidades operan a diversas escalas espaciales y temporales influyendo en la riqueza específica como lo es la biodiversidad (Carr, 1991; Jover, Llorente, & Viña, 2009).

Las playas de la parroquia Salango presentan dos zonas con características de litorales rocosos. Estas áreas están influenciadas por el turismo y la constante pesca artesanal e industrial, siendo esta última un posible productor de distintos contaminantes dirigidos

hacia el mar, debido a su relación directa con el litoral que los rodea. Además, la falta de estudios en el área provee una serie de vacíos en el conocimiento y comportamiento de las especies de flora en la zona. Los grupos algales responden a los cambios en el ambiente modificando su riqueza y abundancia en el ecosistema, particularmente algunos grupos morfofuncionales están asociados a cambios en las variables físicas, como la sedimentación y la entrada de nutrientes.

Las macroalgas suelen responder a cambios en el ecosistema lo que puede modificar su abundancia, incluso la presencia o ausencia de algunas especies dependen de cambios en variables ambientales. Por lo tanto, el presente trabajo planea determinar la variación espaciotemporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa de Salango.

Antecedentes

Los estudios realizados en el Ecuador sobre macroalgas inician en 1835 en las islas Galápagos con W.H. Honey, cuando identifica una variante del género de las corallinas de tipo incrustante. William Randolph Taylor como parte de la expedición de Allan Hancock en el Pacífico, realizó en 1945 la primera caracterización sobre la flora algal de las islas y algunos puntos del continente, donde reportó 35 especies de chlorophyta, 34 especies de phaeophyta y 137 especies de rhodophyta. En 1988, Gary Kendrick realizó una recopilación de algas marinas bénticas en las costas de Ecuador, en la cual se describen 320 especies donde se indica el endemismo y sus hábitats característicos. En 1974, Flor de María Valverde realizó una publicación denominada: "vegetación marina de Ballenita, península de Santa Elena Ecuador - Provincia del Guayas. El Instituto Nacional de Pesca, en 1994 realizó el proyecto de investigación científica "algas marinas del Ecuador", donde se recopila información y se reporta nuevas distribuciones de las macroalgas regionales. Posteriormente, se publicó el primer estudio ecológico-ficológico denominada "Estudio ecológico de Rhodophytas de las provincias del Guayas y Manabí" (Müller & Salazar, 1996).

La mayoría de las publicaciones sobre el estudio de ficología fueron realizados en la reserva marina de las Galápagos (R.M.G.) en conjunto con la fundación Charles Darwin (F.C.D.), los resultados de estas investigaciones formaron una "línea base" reportando 316 especies de algas marinas y 36 taxones para Galápagos, con un endemismo del 29% (Garske, 2002). Existen estudios ficológicos realizados en el Ecuador continental en distintas estaciones y meses del año, como lo realizado en la provincia de Santa Elena mediante un análisis de la distribución, diversidad y abundancia de macroalgas en la zona intermareal rocosa, donde se identificaron una total de 21 especies, de éstas, 9 corresponden a la división chlorophyta, 8 rhodophyta y 4 heterocontophyta (Rubira, 2012).

Dentro de este marco en años posteriores se realizó en la provincia de Manabí, un estudio sobre la variación espacio-temporal de grupos algales en dos ecosistemas

de fondo rocoso (submareal), donde se presentan diferentes niveles de disturbios antropogénicos, además, las unidades de muestreo fueron evaluadas en términos de los grupos morfofuncionales algales y éstos constituyeron dos grupos generales: macroalgas y "turf algae" o "césped", estos últimos poseen una altura menor a 2 cm (Betancourt, 2015).

Actualmente, en el Ecuador continental las investigaciones sobre el estado actual referente a la ecología de macroalgas en las zonas litorales son muy escasas, a diferencia de los realizados en las islas Galápagos, donde existe una mayor cantidad de trabajos dirigidos a investigación y conservación.

Materiales y métodos

Área de estudio

La localidad de Salango se ubica en el cantón Puerto López, en la Provincia de Manabí, en la costa Ecuador. Es una población rural que cuenta con una superficie de 88 km². Al suroeste se ubica la isla Salango, esta posee aproximadamente 2 hectáreas de extensión. La parroquia está influenciada por la cuenca hidrográfica del río Ayampe, donde escurre durante todo el año para esta población, además en el área se encuentran el río Salango y estero río chico, ambos son intermitentes durante la época invernal y de forma gradual se vacían durante la estación seca

(Cuenca & Eliecer, 2014; GAD Cantón Puerto López, 2015) (Fig. 1).

Fase de Campo

El presente trabajo se llevó según la metodología propuesta por SARCE (The South American Research Group on Coastal Ecosystems, 2012), Para el establecimiento de un mejor diseño de investigación se incluyó como referencia al "Manual de métodos de ecosistemas marino-costero para establecer impactos ambientales de Colombia" (INVMAR, 2014).

El estudio se realizó en el periodo octubre - diciembre del 2019, y enero del 2020, el muestreo fue de cada 15 días según los periodos de bajamar, los cuales se obtuvieron por medio de las tablas de mareas del INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador), y se fijó a Puerto López como referencia del nivel de mar en Salango.

Se establecieron dos estaciones de muestreo que corresponden a las zonas norte y sur en el área rocosa de la playa. En cada estación se realizó un transecto lineal de 10 metros perpendicular a la costa dejando un metro de espacio para cada cuadrante (Fig. 2).

Para determinar la cobertura algal se utilizó el método de intersección en cuadrículas para organismos sésiles (SARCE, 2010) se trabajó de manera perpendicular

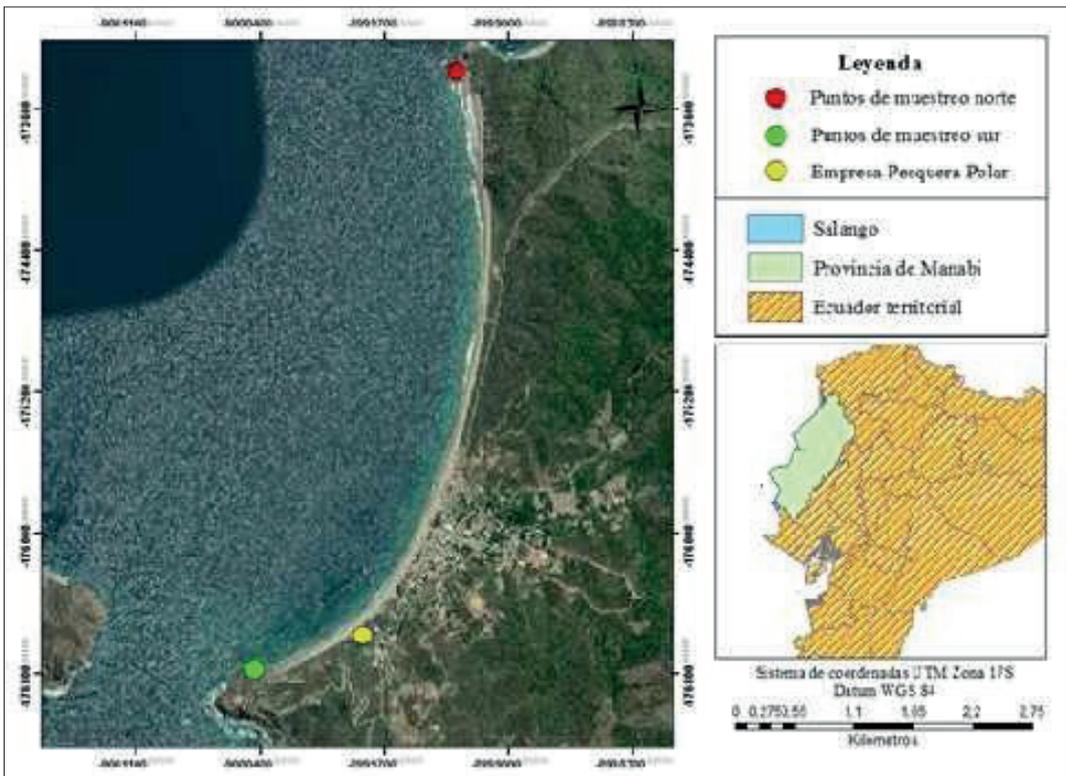


Figura 1. Sitos de recolección de muestras, parroquia Salango, cantón Puerto López, provincia de Manabí- Ecuador.

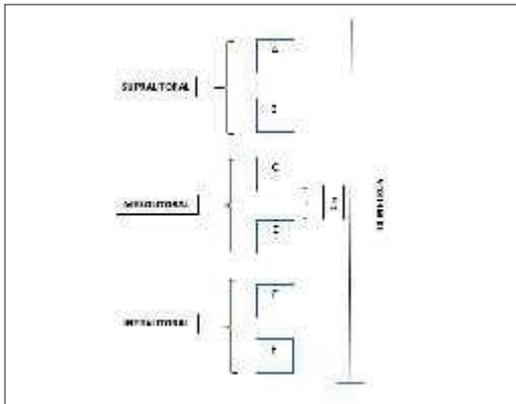


Figura 2. Método de muestreo; con sus respectivo transecto y cuadrantes en la zona intermareal rocosa en Salango Manabí Ecuador

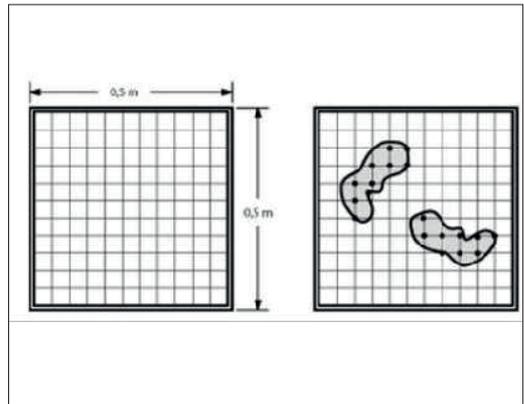


Figura 3. El porcentaje de cobertura es igual al número intersecciones en una cuadrícula de 100 intersecciones, imagen modificada de (SARCE, 2010).

a la costa con una totalidad de seis (6) cuadrantes sumados de 1 m² (24 cuadrantes de 50 cm x 50 cm) (Fig. 3).

Para la colecta de muestras de macroalgas en las distintas zonas, se utilizaron fundas de cierre hermético y la extracción de las macroalgas se realizó con ayuda de un cuchillo curvo, para preservar las muestras fueron transportadas en un cooler para su posterior análisis en el laboratorio también, se tomaron los datos de salinidad con ayuda de un refractómetro.

Cada transecto fue georreferenciado mediante la aplicación de “Maps” proporcionado por Google LLC para equipos Android (Tabla 1), Todas las coordenadas de fueron registradas en sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*) (Tabla 1).

La composición se determinó mediante la identificación y presencia de macroalgas (Li-Alfaro & Zafra-Trelles, 2012) según los cuadrantes a lo largo del transecto *in situ* en la zona intermareal rocosa y el procesamiento de las muestras en el laboratorio.

Fase de laboratorio

Una vez terminada la colecta las muestras fueron transportadas hacia el laboratorio del instituto de investigaciones de recursos naturales (IIRN), ubicado en la facultad de Ciencias Naturales, donde se lavaron con abundante agua y pasaron a un proceso de tamizado, separando arena, piedras y

macroinvertebrados, con un estereomicroscopio las macroalgas fueron separadas e identificadas hasta el más bajo nivel taxonómico con ayuda de bibliografía especializada (FAO, 1995; Müller & Salazar, 1996; Smith, 1966; Taylor, 1967), posteriormente las muestras fueron rotuladas, clasificadas y preservadas con formol al 4%.

Análisis de datos

Para cada estación y meses de muestreos se determinó la Riqueza Específica (S) el cual, es obtenido por el número total de especies en el muestreo de la comunidad.

Se estimó la diversidad en cada área de muestreo, mediante el índice de Shannon utilizando con ayuda del software estadístico Past versión 3.20 para medir la diversidad del área, cuyos valores inferiores a dos son considerados diversidad baja y superiores a tres diversidades altas de especies (León, 2018).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

S = Número de especies (la riqueza de especies).

p_i = Porción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos. (Es decir, la abundancia relativa de la especie *i*): $\frac{n_i}{N}$

n_i = Número de individuos de la especie *i*.

N = Numero de todos los individuos de todas las especies.

Para expresar el grado de semejanza entre las comunidades de macroalgas en las estaciones norte y sur según sus especies, se utilizó el coeficiente de similitud de Sorensen:

$$I_s = 2c \frac{2c}{(a + b)} \cdot 100$$

Dónde:

2c = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies comunes en ambos sitios A y B.

Estaciones de Muestreos	Sitios de muestreos	Latitud	Longitud
SUR	A	1.761.111	80.841.802
NORTE	B	1.598.247	80.851.955

Tabla 1. Coordenadas de localización de los transeptos y sitios de muestreo en la parroquia Salango.

Para determinar la distribución de las especies en el tiempo se utilizó el Índice de Constancia (Bodenheimer, 1955):

$$C = \frac{Pm * 100}{PM}$$

Donde:

Pm : Número de meses en que se reporta la especie

PM : Número total de meses muestreados para determinar la distribución de las especies en el tiempo

Para conocer la distribución espacial se empleó el índice de Frecuencia (Bodenheimer, 1955):

$$Fr = \frac{P\% * 100}{PH}$$

Donde:

Ph : Número de estaciones en que se reporta la especie

PH : Número total de estaciones de muestreo.

Resultados

Cualitativamente fueron registradas en la zona litoral rocosa en las dos estaciones un total de 12 especies de macroalgas, para la clase Chlorophyta se registraron 4 especies: (i) *Boodlea composita*, (ii) *Ulva lactuca*, (iii) *Cladophora sp.*, (ix) *Enteromorpha sp.* En la clase de las Rhodophyta se identificaron 7 especies: (i) *Centroceras clavulatum*, (ii) *Hypnea sp.*, (iii) *Jania longiarthra*, (ix) *Chondracanthus saundersii*, (x) *Lophosiphonia sp.*, (xi) *Corallina sp.*, (xii) *Gelidium sclerophyllum* y para Phaeophyta: *Padina sp.* (i) (Tabla 2).

Tabla 2. Macroalgas presentes en la zona intermareal rocosa en las zonas sur y norte de Salango.

Phylum	Orden	Familia	Nombre Científico	No. de indiv	
				Sur	Norte
Clorophyta	Cladophorales	Boodleaceae	<i>Boodlea composita</i>	8	6
		Cladophoraceae	<i>Cladophora sp.</i>	7	8
	Ulvales	Ulvaceae	<i>Ulva lactuca</i>	10	8
			<i>Enteromorpha sp.</i>	5	2
Rodophyta	Ceramiales	Ceramiaceae	<i>Centroceras clavulatum</i>	10	10
		Rhodomelaceae	<i>Lophosiphonia sp.</i>	4	1
		<i>Jania longiarthra</i>	8	8	
	Corallinales	Corallinaceae	<i>Corallina sp.</i>	2	2
			<i>Hypnea sp.</i>	9	10
	Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>Hypnea sp.</i>	9	10
		Gigartinaceae	<i>Chondracanthus saundersii</i>	4	2
Gelidiales	Gelidiaceae	<i>Gelidium sclerophyllum</i>	3	4	
		<i>Padina sp.</i>	2	0	

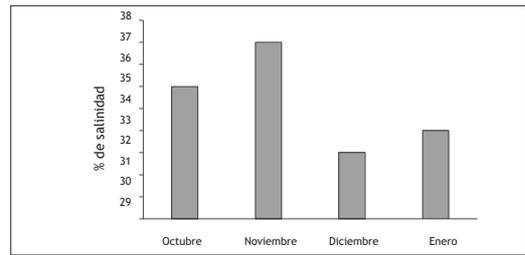


Figura 4. Valores de salinidad reportados para la zona intermareal rocosa de Salango.

La salinidad cambio durante el periodo de muestreo, sin embargo en el mes de noviembre se obtuvo el valor más alto (Fig. 4).

El porcentaje de cobertura en la zona intermareal rocosa a nivel de división demostró que en la estación Sur las Chlorophytas tenían una mayor cobertura mientras que en el norte quien tuvo el valor más alto fueron las Rodophytas en ambas estaciones se evidencio una ausencia de macroalgas representado también en este análisis y que varía entre las estaciones durante el periodo octubre 2019 - enero 2020 (Fig. 5).

El índice de Shannon-Weaver indicó que en la parte sur el mayor valor de diversidad se dio en noviembre ($H' = 2.3$) y el más bajo en enero ($H' = 1.6$), en el norte se presentaron valores altos durante el mes de noviembre ($H' = 2.14$ y $H' = 2.13$) y los bajos en Octubre y diciembre ($H' = 1.7$) (Fig. 6).

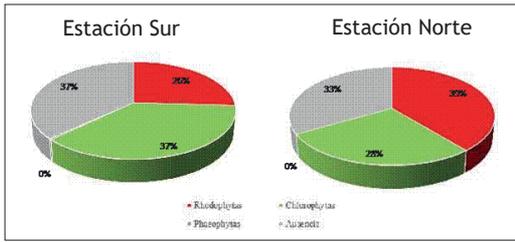


Figura 5. Representación de la cobertura algal en las estaciones Sur y Norte de Salango.

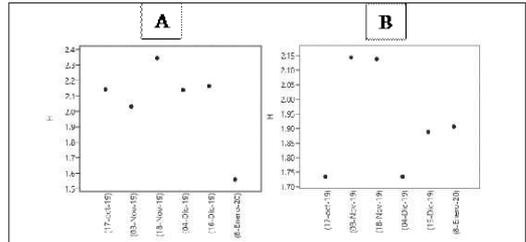


Figura 6. Valores del índice de Shannon-Weaver durante el periodo octubre 2019 a enero 2020 para el sur (A) y norte (B) de Salango.

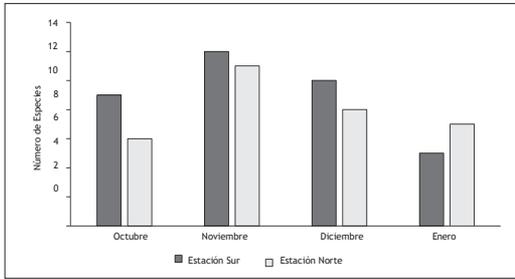


Figura 7. Variaciones espaciotemporales de la riqueza específica de las macroalgas en la zona litoral rocosa Salango.

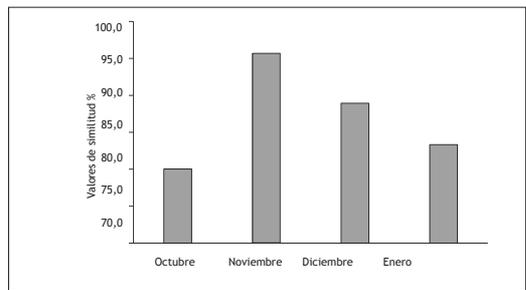


Figura 8. Variación temporal del índice de similitud de Sorensen de la zona litoral rocosa Salango.

Tabla 3. Lista de especies y valores de frecuencia y constancia de macroalgas del litoral rocoso de Salango. Fr = Frecuencia y C = Constancia.

Listado de Especies	Estaciones de muestreo								C.	Fr.
	SUR				NORTE					
	Oct	Nov	Dic	Ene	Oct	Nov	Dic.	Ene		
División Chlorophyta										
Enteromorpha sp.	X	X	X	X		X		X	75	100
Boodlea composita	X	X	X		X	X	X	X	100	100
Ulva lactuca	X	X	X	X	X	X	X	X	100	100
Cladophora sp.		X	X	X		X	X	X	100	100
División Rhodophyta										
Centroceras clavulatum	X	X	X	X	X	X	X	X	100	100
Hypnea sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	75	100
Jania longiarthra	X	X	X		X	X	X	X	50	100
Chondracanthus saundersii		X	X			X	X		50	100
Lophosiphonia sp.		X	X			X			75	100
Amphiroa sp.	X	X			X	X			50	100
Gelidium sclerophyllum		X	X			X	X		50	100
División Phaeophyta										
Padina sp.	X	X							50	50

El valor más alto de la riqueza específica de encontró en la estación sur en noviembre con 12 especies y el más bajo en la misma estación durante el mes de enero, en general, la riqueza específica presentó una ligera variación durante los meses de muestreo, en ambas estaciones los mayores valores de riqueza se registraron en el mes de noviembre. Los valores más bajos se obtuvieron en el mes de enero 2020 (Fig. 7).

El coeficiente de similitud de Sorensen presentó valores altos durante los meses de muestreo demostrando que existe un mayor grado de similitud entre estaciones (Fig. 8).

Las especies, *Hypnea Sp.*, *Ulva lactuca*, *Cladophora Sp.*, *Centroceras clavulatum Sp.*, *Boodlea composita*, *Jania longiarthra*, *Enteromorpha Sp.*, presentaron una distribución amplia en las dos estaciones de muestreo en la zona intermareal rocosa de Salango. Sin embargo *Chondracanthus saundersii*, *Lophosiphonia sp.*, *Amphiroa Sp.*, *Gelidium sclerophyllum*, *Padina sp* presentaron una distribución media, en ambas estaciones. Las especies que se presentaron constantemente durante los cuatro meses de muestreo fueron, *U. lactuca*, *Cladophora Sp.*, *C. clavulatum*, *Hypnea Sp.* sin embargo, *Padina sp.* Solo se la encontró en la estación sur (Tabla 3).

Discusión

La riqueza de especies de macroalgas en la región intermareal de Salango es alta en los dos puntos de muestreos teniendo una leve variación, probablemente se deba a la composición del sustrato, según Gino (2012) el suelo rocoso permite una mayor capacidad de albergar una gran diversidad de macroalgas lo que coincide con Sole & Beatriz, (1997) en su caracterización de macroalgas bénticas en Venezuela. La variación de la diversidad se explica por los factores abióticos como oleaje, radiación, temperatura entre otros, que pueden influir en la presencia y ausencia de las macroalgas (Delgadillo-Garzón & Newmark, 2008; Edding, Tala, & Vásquez, 2006; Espinoza-Avalos, 2005; Quirós- Rodríguez, Arias- Rios, & Ruiz, 2016), además, la influencia y exposición a fuentes directas de nutrientes puede ser aprovechado por especies oportunistas disminuyendo la diversidad en un ecosistema (Li-Alfaro & Zafra-Trelles, 2012) lo que podría explicar la variación en el mes de enero.

La composición macroalgal de la playa el Salango está caracterizada por la presencia de especies conspicuas del género *Ulvaes*, *Cystocloniaceae* y *Ceramiales*, se conoce que estos géneros son tolerantes a un amplio rango de factores ambientales de salinidad y temperatura y elevados niveles de nutrientes (Candelaria, Vargas, López, & González-González, 2006; Dante C., Gil, & Juscamaíta, 2011; Garduño, 2019).

En la zona litoral rocosa encontramos especies que toleran la desecación como *U. lactuca*, es probable que

sea por tener membranas celulares coriáceas (Jover et al., 2009; PÉREZ, 2019), sin embargo, el área de muestreo es un ambiente, de oleaje y turbulencia casi constantes lo que no permite una acumulación de nutrientes por lo que su presencia no podría ser oportunista.

Los valores de similitud coinciden con la diversidad de especies y riqueza de especies en el mes de noviembre donde se obtuvieron los valores de salinidad más altos, según la salinidad influye en procesos metabólicos de las algas como el crecimiento creando un ambiente favorable para ellas (Arecas & Araujo, 1996; Delgadillo-Garzón & Newmark, 2008).

Conclusión

Existen pocos trabajos disponibles para el estudio de las macroalgas, el presente es una contribución somera sobre el comportamiento de las poblaciones algales, en la zona costera de Salango.

-La composición de macroalgas es similar en ambos puntos de muestreo durante el periodo octubre 2019 - enero 2020.

En las dos estaciones en Salango se colectaron 12 especies de macroalgas, entre éstas, *C. clavulatum*, *U. Lactuca* e *Hypnea sp.*, presentaron el mayor registro en cuanto a la variación de especies.

Las Clorophytas son las macroalgas que predominan en el lado sur de Salango según a cobertura algal cerca a actividades antropogénicas, mientras que en el norte son las Rodophytas.

Los índices de diversidad, riqueza específica y similaridad representaron valores más altos en noviembre coincidiendo con la elevada salinidad reportada en los dos puntos de muestreo, sin embargo, no se tomaron otros aspectos ambientales para afirmar este enunciado.

Recomendaciones

- Investigaciones previas para este tipo de trabajos, donde exista un registro o línea base en la caracterización de macroalgas a nivel de especie.
- El registro de temperatura superficial, fotoperiodo, el grado de composición de la arena sobre los litorales rocosos deben ser obtenidos en futuras investigaciones.
- Se sugiere el análisis datos de, pH y O.D. para corroborar que la presencia de macroalgas en las distintas zonas.
- Incrementar el espacio para cada transecto a y extender el periodo de estudio para tener una mejor representatividad en el área

Bibliografía

- Areces, A. J., & Araujo, M. (1996). Influencia de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento de Bryothamnion triquetrum (Rhodophyta: Rhodomelaceae). *Revista de Biología Tropical*, 44(2), 449-454.
- Betancourt, C., Zapata, J., Latorre, N., Anguita, C., Castañeda, F., Meynard, A., ... Contreras-Porcía, L. (2018). Variación espacio-temporal en la composición del ensamble de macroalgas del intermareal rocoso de Maitencillo, Valparaíso, costa central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(1), 105-117. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572018000100105>
- Bodenheimer, F. S. (1955). *PRECIS D'ÉCOLOGIE ANIMALE*. (B. S. Payot, Ed.) (1st ed.). italia.
- Candelaria, C. F., Vargas, D., López, N., & González-González, J. (2006). PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN DE MACROALGAS EN UN CANAL DE CORRIENTES, 65-72.
- Carr, M. H. (1991). Habitat selection and recruitment of an assemblage of temperate zone reef fishes, 146, 113-137.
- Cordero, M. (2016). *Caracterización ficológica del litoral rocoso y manglares de yapasua, parque nacional san esteban, estado carabobo*. universidad de carabobo.
- Cuenca, F., & Eliecer, T. (2014). Modelo de desarrollo turístico sustentable para el fortalecimiento económico de la comuna Salango del cantón Puerto López-Provincia de Manabí. *Repositorio Institucional UPAO*.
- Dante C., A., Gil, P., & Juscamaíta, J. (2011). Estabilización de la "Marea Verde" causada por Ulva lactuca (Ulvophyceae, Chlorophyta) a través del ensilaje. *Anales Científicos*, 72(1), 13-18. <https://doi.org/10.21704/ac.v72i1.853>
- Delgadillo-Garzón, O., & Newmark, F. (2008). Cultivo piloto de macroalgas rojas (rhodophyta) en bahía portete, la guajira, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 37(2), 7-26.
- Edding, M., Tala, F., & Vásquez, J. (2006). Fotosíntesis, productividad y algas marinas, (january), 1-39.
- Espinoza-Avalos, J. (2005). Fenología de macroalgas marinas. *Hidrobiológica*, 15(1), 109-122.
- FAO. (1995). *Guía fao para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Roma.
- García, S., Acosta, A., Londoño-Cruz, E., & Cantera, J. (2012). *Organismos sésiles y móviles del litoral rocoso en el Pacífico Colombiano: Una guía visual para su identificación*. INVEMAR Series de Documentos Especiales no. 26. Garduño, A. (2019). Análisis morfológico, molecular y filogenético del género Centroceras Kützting (Rhodophyta, Ceramiaceae) en el Golfo de México y mar Caribe mexicano.
- Garske, L. E. (2002). Macroalgas MARINAS. In E. Danulat & E. Graham (Eds.), *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad* (pp. 426-429).
- INVEMAR. (2004). *Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia*. Panamericana Formas e Impresos 2005.
- INVEMAR. (2014). *Manual De Métodos De Ecosistemas Marinos Y Costeros Con Miras a Establecer Impactos Ambientales*. Colombia.
- Jover, A., Llorente, G., & Viña, N. (2009). Variación espacio-temporal de la composición de macroalgas del mesolitoral rocosos del sector Aguadores, Plataforma Suroriental, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 30(1), 3-9.
- León, A. (2018). *Distribución espacial de macroinvertebrados bentónicos en el intermareal rocoso de la punta de san lorenzo, santa elena, ecuador*.
- Li-Alfaro, G., & Zafra-Trelles, A. (2012). Composición, abundancia y diversidad de macroalgas en el litoral de puerto Malabrigo, La Libertad - Perú 2009. *Sciéndo*, 15(1), 33-42.
- LOPEZ, G. P. (2015). *Plan de desarrollo y de ordenamiento territorial Puerto López*. Puerto López.
- Manzanos, E. R. (2014). Clasificación física del intermareal rocoso y distribución de macroalgas a diferentes escalas espaciales a lo largo del NEAtlántico.
- Menge, B., & Branch, G. (2001). Rocky intertidal communities. In B. M. G. S, & H. M (Eds.), *Marine Community Ecology* (p. 550).
- Müller, H., & Salazar, M. (1996). *algas Marinas del Ecuador* (1er ed.). Guayaquil: Comision Asesora Ambiental - Instituto Nacional de pesca.
- PÉREZ, D. (2019). Incremento de nitrógeno en el tejido de la macroalga oportunista ulva lactuca (linnaeus), asociado a ondas internas de marea. *I*, 53(technology), 8-17.
- Quirós- Rodríguez, J., Arias- Rios, J. E., & Ruiz, R. (2016). Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de córdoba, colombia, 32(2), 339-354.
- 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), 92. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/713/1/DIVERSIDAD%2C%20abundancia%20y%20distribuci%20de%20las%20macroalgas%20en%20la%20zona%20intermareal%20rocosa%20en%20las%20playas%20de%20salinas%20de%20santa%20elena%20ecuador.pdf>
- SARCE. (2010). *Protocol and sampling design for marine diversity and biomass assessments for the South American research group on coastal ecosystems*.
- Smith, G. (1966). *Marine algae of the monterrey peninsula california*.
- Sole, M., & Beatriz, V. (1997). Caracterización de las macroalgas marinas benticas en la region chirimena-punta caiman, do. Miranda, Venezuela. *Sciences-New York*, 33(3), 180-190.
- Taylor, R. (1967). *Géneros de algas marinas de la Costa Atlántica Latinoamericana*.
- Vinueza, L., & Flores, M. (2002). Comunidades intermareales rocosas. In E. Danulat & E. Graham (Eds.), *Reserva Marina de las Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad* (pp. 98-114). Santa Cruz- Ecuador.

Estudio histológico comparativo de las partes vegetativas de los mangles *Hilairanthus germinans* (Acanthaceae), *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* (Combretaceae), *Rhizophora mangle* y *R. racemosa* (Rhizophoraceae)

A comparative histological study of the vegetative parts of mangroves *Hilairanthus germinans* (Acanthaceae), *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* (Combretaceae), *Rhizophora mangle* and *R. racemosa* (Rhizophoraceae)

Natalia Zapata^{1*} & Mónica Armas²

¹Consultor independiente

²Departamento 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 10 de abril 2021; recibido en forma revisada 2 de mayo 2021, aceptado 4 de junio 2021
Disponible en línea 26 de junio 2021

Resumen

Los manglares son ecosistemas complejos que se desarrollan en ambientes inundados, hipóxicos, salinos y de suelos poco consolidados, su vegetación dominante comúnmente denominada mangles ha desarrollado características morfológicas y fisiológicas que les permiten subsistir en esos ecosistemas. El presente trabajo se basó en la caracterización de los tejidos vegetativos de los mangles *Hilairanthus germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*, *Rhizophora mangle* y *R. racemosa*, describiendo sus diferencias histológicas. Para esto se colectaron hojas, las cuales fueron transportadas y mantenidas en frío hasta su procesamiento. Los cortes se realizaron manualmente, se utilizó FAA (formol, ácido acético y alcohol), azul de metileno y glicerina líquida para su fijación y montaje. Posteriormente, se observaron los cortes en microscopio óptico de luz y se midieron los tejidos con reglillas micrométricas. Todas las especies analizadas evidenciaron una cutícula gruesa, abundante tejido esponjoso y vasos de conducción. *H. germinans* presentó una gran cantidad de tricomas piriformes tanto en hojas como pecíolos. En las raíces se observó gran cantidad de aerénquima exceptuando por *Rhizophora*, en este género abundó el tejido esclerenquimático.

Palabras claves: Histología vegetal, mangle, aerénquima, neumatóforos.

Abstract

Mangroves are complex ecosystems that occur in flooded, hypoxic, and saline environments with poorly consolidated soils, the dominant vegetation commonly known as mangroves have developed morphological and physiological characteristics that allow them to survive in those ecosystems. The present work was based on the characterization of vegetative tissues of mangrove trees as *Hilairanthus germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*, *Rhizophora mangle* and *R. racemosa*, describing their histological differences. For this purpose, leaves were collected, transported, and kept cold until processing. The cuts were made manually, FAA (formol, acetic acid and alcohol), methylene blue, and liquid glycerin were used for fixation and assembly. Posteriorly, those were observed in optical light microscopes, the tissues were measured with micrometric strips. All species analyzed showed a thick cuticle and abundant spongy tissue, and vessels. *H. germinans* presented a large amount of pyriform trichomes both in leaves and petioles. A great quantity of aerenchyma was observed in roots except for *Rhizophora*, in the latter genus the sclerenchymatous tissue was abundant.

Keywords: aerenchyma, mangrove, plant histology, pneumatophores.

* Correspondencia del autor:

E-mail: zapatanataliaa@gmail.com - monica.armas@ug.edu.ec



Introducción

Los bosques de mangles son ecosistemas complejos distribuidos en los trópicos, principalmente en las desembocaduras de ríos en el mar (Srikanth et al., 2015). Las comunidades humanas cercanas se ven directamente beneficiadas con éstos debido a que son hogar de fauna marina importante en seguridad alimentaria (peces, moluscos, crustáceos), su madera es muy apreciada en construcción de casas, muebles, herramientas, barcos, la corteza posee taninos de interés comercial y las ramas se utilizan en la producción de carbón (Cornejo, 2014). A pesar de lo expuesto, su valor ecológico no ha sido debidamente reconocido en Ecuador, a finales de 1970, en Ecuador fueron considerados áreas improductivas; cerca del 30% de la cobertura vegetal se perdió a causa de la deforestación (López Rodríguez, 2018).

Los manglares se desarrollan en suelos poco consolidados, altamente salobres, poco oxigenados y total o parcialmente inundados, por lo que los mangles, la vegetación dominante en estos ecosistemas han desarrollado características morfológicas y fisiológicas específicas que les permiten subsistir (Cornejo, 2019). Si bien estas plantas pueden sobrevivir en agua dulce, no pueden completar todos sus ciclos en ella, dependen de las sales para su correcto desarrollo y crecimiento (Wang et al., 2011). Para tolerar los altos niveles de salinidad, las especies de mangles han desarrollado mecanismos de exclusión salina por medio de las raíces o excreción por las hojas. Poseen características anatómicas que les permiten tener altas tasas fotosintéticas (Primavera et al., 2018), por ejemplo, las hojas suelen estar dispuestas generalmente de forma decusada, esto reduce el auto-sombreado y a su vez permite que las ramas internas puedan recibir luz y realizar fotosíntesis de manera eficiente.

Existen al menos seis tipos de estomas conocidos en las hojas de mangle, estos varían mayormente por la disposición de células; en algunas especies se puede encontrar un abultamiento en forma de cuerno que cubre el lado externo de los estomas, el objetivo es reducir la respiración estomática, lo cual es de suma importancia dada la alta concentración de solutos en el agua y la "sequía fisiológica" que experimentan estos árboles (West, 1956). Probablemente las raíces sean el rasgo más característico de estas plantas, con su extraña apariencia producto de las adaptaciones para poder sobrevivir en tan peculiares ambientes. Existen diferentes tipos de raíces, entre ellas las más comunes son las raíces de apoyo (como zancos) aéreas, contrafuertes y neumatóforos (Naskar & Palit, 2014). Estas últimas son un tipo de raíz con geotropismo negativo, surgen con la finalidad de captar y transferir oxígeno a toda la planta, la cual se encuentra postrada mayormente en sustratos inundados (Díaz Gaxiola, 2011; Kathiresan & Bingham, 2001), no suelen medir más de 30 centímetros de altura, tienen una superficie lisa, su color puede variar de gris a verde (Lonard et al., 2017), e incluso proporcionan un sustrato apto para el

desarrollo de otros organismos, principalmente algas (Burneo & Romero, 2016; Hogarth, 2013). Estas raíces se encuentran en al menos seis géneros de mangle *Laguncularia* (Combretaceae), *Hilairanthus*, *Avicennia* (Acanthaceae), *Bruquiera* (Rhizophoraceae), *Xylocarpus* (Meliaceae), y *Sonneratia* (Sonneratiaceae) (Tomlinson, 1986). Algunas especies de mangle poseen una gran cantidad de aerénquima en las raíces para el intercambio de oxígeno, los neumatóforos suelen tardar un par de años en desarrollarse y durante ese tiempo, la única forma de satisfacer la demanda de oxígeno atmosférico de las raíces es mediante órganos aéreos, incluso pueden existir períodos de tiempo en el que los tallos y hojas queden privados de oxígeno (Ashford & Allaway, 1995). En general, los tejidos vegetales (principalmente de raíces) han sido muy estudiados en plantas que están sometidas algún tipo de estrés o son de importancia comercial, por lo que esta investigación propone caracterizar los tejidos epidérmico, fundamental y de conducción de las partes críticas para la respiración (hojas, peciolo, raíces y 3 neumatóforos) de cinco especies de mangles: *Hilairanthus germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*, *Rhizophora mangle* y *R. racemosa*.

El correcto funcionamiento de los mangles en sustratos poco oxigenados se debe a que generan enormes cantidades de aerénquima, solo de esta forma pueden cubrir su altísima tasa de respiración. Cuando el aire es absorbido de la atmósfera, dentro de las hojas se produce una presurización higrométrica, esto hace que se mueva dentro del aerénquima hacia peciolo, tallos y raíces (Evans et al., 2009). Algunas especies de mangle incluso han desarrollado neumatóforos, éstos se encuentran cubiertos de lenticelas que favorecen la aeración del sistema radicular (Ashford & Allaway, 1995). El aerénquima es un tipo de tejido vegetal que permite la difusión rápida y eficiente de oxígeno, debido a que posee enormes espacios aéreos. Se desarrolla principalmente en raíces y brotes de especies que están sometidas a estrés hipóxico; sin embargo, también puede presentarse en plantas de suelos secos con bajos niveles de nutrientes y altas temperaturas (D. E. Evans, 2003), como muchas herbáceas (MckEE & Mendelssohn, 1987). Existen dos tipos de aerénquima, aquel que se origina mayormente en los tejidos primarios de la corteza de la raíz es denominado aerénquima primario, éste a su vez se divide de acuerdo con cómo se forma, es esquizógeno cuando se origina a partir de las células que se separan en la formación de tejidos, y lisígeno cuando se forma a partir de la desintegración de las células muertas; finalmente el aerénquima secundario se origina de los tejidos secundarios (Sou et al., 2019). Para poder desenvolverse en ambientes con altas salinidades, muchas especies de mangle almacenan agua dulce en sus gruesas hojas; la respiración de éstas se ve limitada generalmente con una capa cerosa, de esta forma retienen el agua por una mayor cantidad de tiempo. Además, las hojas poseen glándulas secretoras de sal, y al igual que las cortezas viejas, la almacenan hasta que sea tiempo

de que caigan (Hamilton, 2020). Los mangles también desarrollan características esclerofílicas, según Lima et al. (2013) la presencia de varias capas de tejido parenquimatoso (empalizada y epidérmico) es una respuesta a los factores estresantes a los que están sometidos. El control de la apertura estomática también es un factor muy importante en la contención de agua dulce y la correcta respiración de la planta; Quevedo et al. (2018) analizaron dos lugares de Guayaquil con distintos niveles de contaminación, registraron densidades estomáticas similares en ambos puntos; sin embargo, la apertura estomática fue mayor en el lugar menos contaminado, esto debido a que las hojas no estaban tan cubiertas de polvo, lo que permite que la oclusión estomática sea menor. Dentro del trabajo realizado por Gonzalez Sánchez (2013) se encuentran *R. mangle* y *H. germinans* clasificadas como hipoestomáticas, *L. racemosa* como anfiestomática; además, *R. mangle* presentó estomas del tipo paracítico y *L. racemosa* y *H. germinans* del tipo anomocítico, explicando que las diferencias estomáticas tienen ligeros cambios con respecto a las épocas de sequía y lluviosa. En cuanto a las raíces, Purnobasuki & Suzuki (2004) analizaron las del mangle *Sonneratia alba*, las muestras fueron de varios tipos de raíces durante diversos estadios de maduración; los investigadores observaron cambios en la forma y tamaño de algunas células corticales. También establecieron que, la formación del aerénquima ocurre de forma esquizógena, las células se separan y adoptan dos formas distintas, redondeadas o acorazadas. La ausencia de neumatóforos en *Rhizophora* y el que sus raíces se encuentren permanentemente sumergidas en ambientes hipóxicos o anóxicos, genera una total dependencia de las raíces aéreas, éstas son las deben

encargarse del abastecimiento de oxígeno a las raíces subterráneas. Mientras en *L. racemosa*, estudios demostraron que las raíces de subterráneas son muy eficientes para el transporte de agua, a través de los vasos secundarios del xilema (Yáñez Espinosa & Flores, 2011). En el trabajo realizado en *A. marina* por Ishshalom-gordon & Dubinsky (1992), se muestran que los distintos tejidos (felema, felógeno, felodermis, parénquima, aerénquima, xilema, floema y médula) que conforman los neumatóforos son similares a los que se encuentran en las raíces enterradas, la única diferencia fue que las raíces no presentan lenticelas. Incluso sugieren que, debido a la estructura interna de los neumatóforos, la planta posee gran cantidad de éstos ya que solo son capaces de proporcionar una pequeña porción de oxígeno a las raíces asociadas directamente a ellos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El material vegetal de las especies estudiadas se recolectó entre enero y febrero (época húmeda), en un recorrido de aproximadamente un kilómetro, en el Parque Lineal del Estero Salado de Guayaquil, este se extiende desde el puente 5 de junio hasta la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (Fig. 1).

Trabajo de campo

Durante un recorrido previo a la obtención de muestras, se observaron las distintas especies de mangle y se identificaron con los trabajos taxonómicos de Cornejo, (2014) y Gómez et al. (2010). Morfológicamente, todas las especies difieren con varias características, sin

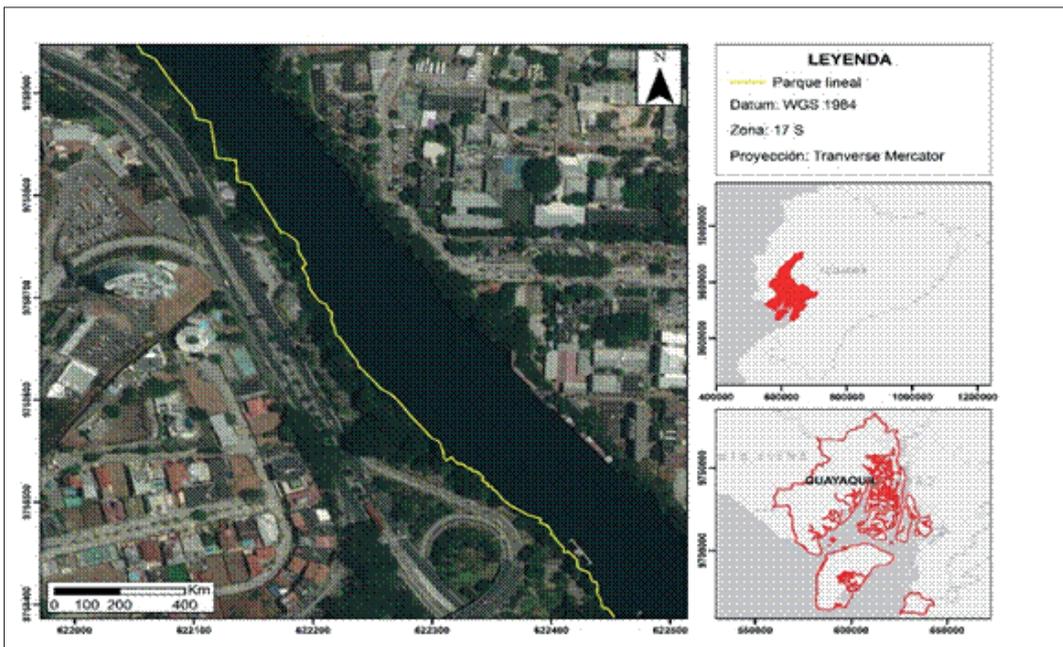


Figura 1. Parque Lineal, Estero Salado - Guayaquil

embargo, *R. mangle* y *R. racemosa* son muy similares, por lo que su identificación se basó en sus flores (Anexo 1). Se realizó una recolección aleatoria de hojas, peciolo, raíces y neumatóforos en individuos dirigidos. Para la toma de raíces y neumatóforos se revisaron las tablas de mareas proporcionadas por el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador (INOCAR), con el fin de entrar en bajamar; para la extracción de raíces fue necesario cavar el sustrato, mientras que los neumatóforos fueron cortados directamente al ras del suelo, en ambos casos se utilizaron tijeras de jardinería de podar. Todas las muestras se preservaron en frío, en una Termo Hielera para vacunas portátil, hasta ser transportadas al laboratorio para ser trabajadas.

Trabajo de laboratorio

Se tomó como referencia la metodología utilizada por Lucena et al. (2011) y se realizaron ciertas modificaciones de acuerdo con la disponibilidad de recursos. Las hojas y peciolo se lavaron para retirar acumulaciones de polvo, se cortaron manualmente y se fijaron en FAA (formol, ácido acético y alcohol) durante algunos minutos. Se procedió a teñir las muestras con azul de metileno, el exceso fue enjuagado con agua destilada y finalmente se montaron las placas con unas gotas de glicerina líquida para mejorar el índice de refracción. Las observaciones se realizaron en objetivos de 10X y 40X en un microscopio Motic BA210E y para las mediciones se utilizó un microscopio Leica DM750 en el cual se colocó una regilla micrométrica dentro de un ocular con objetivos de 4X y 10X.

Los neumatóforos se lavaron y cortaron a mano alzada, éstos se sumergieron en FAA durante un período aproximado de 10 minutos y luego se tiñeron con azul de metileno. Las raíces se lavaron muy bien y se hirvieron por 30 minutos en una solución de agua y detergente, después fueron sumergidas en glicerina líquida por un par de horas, posteriormente se cortaron de forma manual y reposaron en FAA por varios minutos, finalmente se tiñeron con azul de metileno y se retiró el exceso con agua destilada para ser observadas en los microscopios.

Análisis de datos y estadísticos

Los datos obtenidos de los tejidos parenquimatosos

y los vasos conductores (xilema y floema) se organizaron en una matriz de Microsoft Excel y se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con un índice de confiabilidad del 95% para establecer si existen diferencias significativas entre los tejidos de cada parte vegetativa analizada.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados del estudio histológico de cinco especies de mangles:

Descripción de las diferencias histológicas en hojas, peciolo, raíces y neumatóforos de *H. germinans*, *L. racemosa*, *C. erectus*, *R. mangle* y *R. racemosa*.

Hojas

Las muestras analizadas de *L. racemosa* evidenciaron un tipo de hoja isolaral debido a que el parénquima de empalizada se encontró en ambas caras del esponjoso, (Fig. 2A). Se observó gran cantidad de cristales en forma de drusas y macro escleréidas, el tejido de empalizada presentó abundantes cloroplastos. Vasos de conducción en espiral también fueron visibles sobre el parénquima esponjoso y de empalizada; finalmente, las cavidades estomáticas estaban presentes tanto en el haz como en el envés de las hojas, por lo que se describe como anfiestomática. En el mesófilo de *H. germinans* se encontraron abundantes macroscleréidas y braquiescleréidas, éstas fueron observadas sobre el tejido clorénquimático, el cual constituía casi toda la hoja (Fig. 2B). Sin embargo, por la ubicación de la pequeña porción de parénquima de empalizada, se describiría como una hoja dorsiventral. Al ser una especie pubescente, tanto en el haz como envés se evidenciaron tricomas, en este caso piriformes de tipo glandular, el envés fue la cara que presentó mayor abundancia de éstos. En cuanto a estomas, se pudieron visualizar en el haz de las hojas, por lo que entran en la clasificación epiestomática.

Conocarpus erectus presenta hojas con características anfiestomáticas y tricomas filamentosos, según la distribución anatómica de sus tejidos son de tipo isolaral. Se observaron dos filas de parénquima de empalizada con gran cantidad de cloroplastos (Fig. 2C), el parénquima esponjoso contenía abundantes vasos de conducción en espiral.

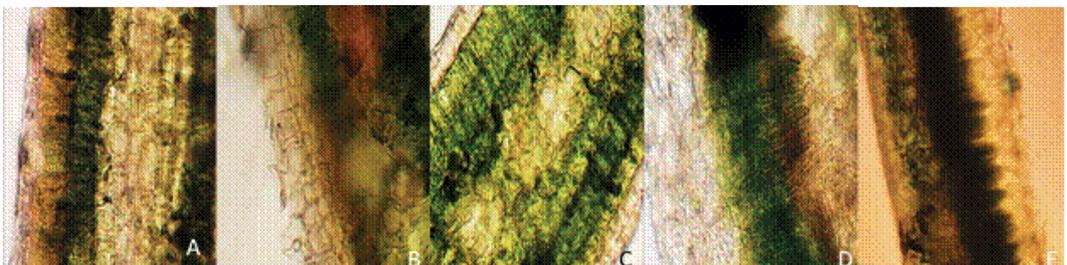


Figura 2. Cortes transversales en hojas de A) *L. racemosa*, B) *H. germinans*, C) *C. erectus*, D) *R. mangle* y E) *R. racemosa*.

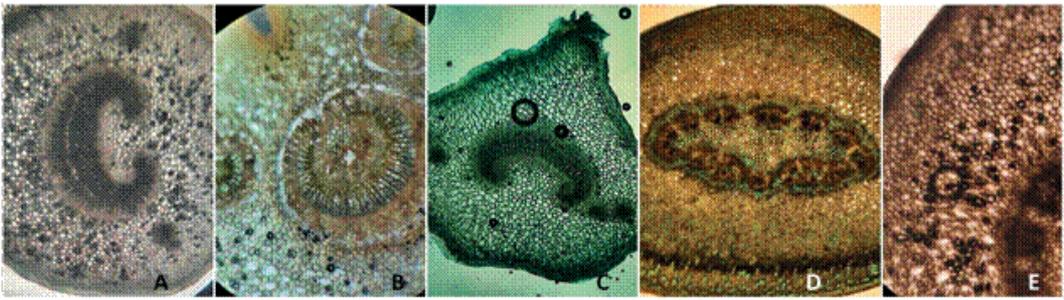


Figura 3. Cortes transversales en peciolos de A) *L. racemosa* 10X, B) *H. germinans* 40X, C) *C. erectus* 10X, D) *R. racemosa* 10X y E) *R. mangle* 40X.

Finalmente, las hojas de *R. mangle* y *R. racemosa* fueron muy similares (Fig. 2D, 2E), ambas especies poseen hojas distintivamente más gruesas que cualquier otra de las analizadas, esto probablemente por la gruesa cutícula y a la gran cantidad de parénquima esponjoso que poseen, éste último se encuentra en ambas caras de la hoja, dejando a un parénquima de empalizada lleno de cloroplastos en la mitad del mesófilo. Las cavidades estomáticas fueron abundantes exclusivamente en el envés de la hoja, por lo que se identifican como hipostomáticas.

Peciolos

En *L. racemosa* los peciolos presentan dos filas de células epidérmicas, gran cantidad de parénquima esponjoso con sustancias de reserva, canales de conducción en forma de C (Fig. 3A), abundantes drusas, esclereidas y tricomas.

En los peciolos de *H. germinans* se observó la cutícula con tricomas piriformes, seguida de una delgada epidermis, una pequeña franja de parénquima esponjoso con cloroplastos, arena cristalina y drusas. Posteriormente, gran cantidad de aerénquima que poseía drusas y macrosclereidas, los haces vasculares se encontraban en forma de tres círculos, uno grande y dos pequeños a los lados (Fig. 3B), en éstos se observaron braquiesclereidas y en el centro poseían parénquima esponjoso.

Por su parte, *C. erectus* presentó una epidermis por unas pocas filas de células, se observaron unos pocos tricomas filamentosos unicelulares, además se constató la presencia de esclereidas y drusas

sobre abundante parénquima de relleno, los haces vasculares presentaron forma de C (Fig. 3C).

Los peciolos de *R. racemosa* (Fig. 3D) y *R. mangle* (Fig. 3E) no evidenciaron tricomas, la cutícula delgada daba paso a una epidermis compuesta por tres filas de células, luego una capa de parénquima esponjoso con cloroplastos, y posteriormente tejido aerénquimatoso con drusas, macrosclereidas, braquiesclereidas y astroesclereidas. Los vasos de conducción también presentaron esclereidas y en su interior se observó más aerénquima.

Raíces

La anatomía de las raíces de *L. racemosa* consta de la cutícula, una epidermis delgada, súber engrosado, córtex con esclereidas, conductos del floema, cambium y una gran cantidad de anillos medulares (evidenciando la lignificación) con vasos xilemáticos (Fig. 4A), finalmente en el centro se pudo observar parénquima medular. En las raíces analizadas se pudo observar la relación simbiótica que poseen con microalgas clorófitas.

En *H. germinans* se observó tejido aerénquimático en grandes cantidades con esclereidas, un par de anillos de cambium y radios medulares eran muy conspicuos (Fig. 4B). Los conductos del xilema y del floema se encontraban dispersos entre dichos radios. En el súber se pudo presenciar la simbiosis con microalgas.

Conocarpus erectus presentó un súber delgado con microalgas adheridas, epidermis delgada y abundante parénquima cortical; el cilindro vascular es de gran tamaño e inicia con abundante floema,

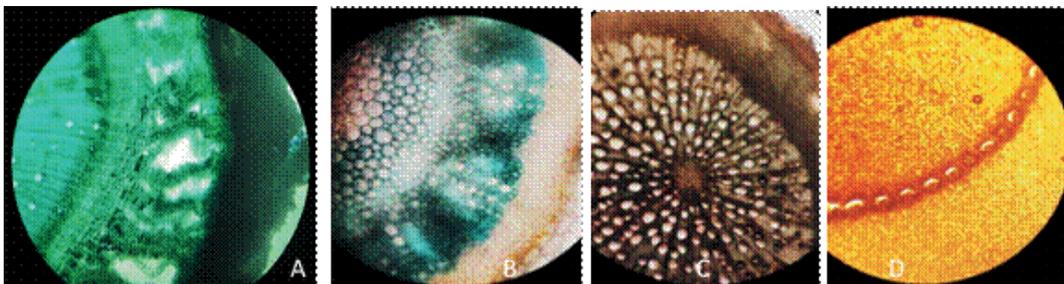


Figura 4. Córtex y cambium de A) *L. racemosa*, B) *H. germinans*, C) *C. erectus* y D) tejido esclerenquimático y anillo vascular de *R. racemosa*, *R. mangle* presentó exactamente la misma anatomía interna.

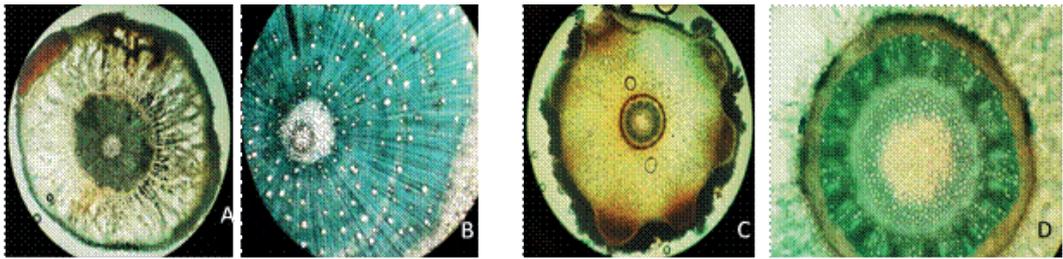


Figura 5. Cortes transversales a neumatóforos. A) *L. racemosa* 10X, B) *L. racemosa* 40X, C) *H. germinans* 10X y D) *H. germinans* 40X. En A y C se pueden observar lenticelas.

posteriormente el cambium se encuentra bien diferenciado y da lugar a una gran cantidad de xilema con radios medulares muy notorios (Fig. 4C), sobre éstos se pudieron observar macrosclereidas y drusas. En algunos casos se observó parénquima medular en el centro del cilindro vascular.

En el análisis de las raíces aéreas de *R. mangle* y *R. racemosa* se pudo observar que poseen anatomía similar. Posterior a la delgada epidermis se observó una pequeña porción de tejido parenquimatoso, seguido de abundante esclerenquima. El cilindro vascular se presenta con un patrón discontinuo, los haces vasculares dispuestos de tal manera que forman una eustela, se evidenció la presencia de parénquima interfascicular entre los vasos de conducción, mientras que el interior del anillo se encontró más tejido esclerenquimático (Fig. 4D).

Neumatóforos

Sólo dos especies analizadas han desarrollado neumatóforos, en *L. racemosa* se encontró una epidermis pluriestratificada y abundante aerénquima (Fig. 5A), en éste se evidenció la presencia de drusas, macrosclereidas y braquiesclereidas. El cilindro vascular se caracterizó por presentar forma de actinostela, posterior al floema bien diferenciado se observan los radios medulares con los conductos xilemáticos (Fig. 5B), finalmente en el centro del cilindro se registró más aerénquima.

Finalmente, los neumatóforos de *H. germinans* también presentaron epidermis pluriestratificada,

seguida una pequeña franja de tejido clorenquimatoso, posteriormente se evidenció abundante aerénquima hasta el anillo vascular (Fig. 5C), este presenta un patrón de sifonostela anfilloica, los conductos del xilema se observan desordenados sobre los radios medulares (Fig. 5D), los cuales no son tan largos como en *L. racemosa*, finalmente en la médula se observó aerénquima.

Comparación de las estructuras anatómicas entre hojas, peciols, raíces y neumatóforos de *H. germinans*, *L. racemosa*, *C. erectus*, *R. mangle* y *R. racemosa*.

Análisis estadísticos

Se analizaron estadísticamente los radios de los tejidos parenquimatosos, el diámetro de los vasos conductores de los peciols, raíces y neumatóforos, y el grosor de las hojas, todos éstos medidos con una reglilla micrométrica en un microscopio óptico Leica DM750 con objetivo 4X. Se realizaron análisis de varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95%, en caso de presentar diferencias significativas se realizó la prueba estadística Tuckey.

Hojas

En cuanto al grosor de las hojas, *H. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus* no presentan diferencias significativas, sin embargo, sí son estadísticamente distintas a las hojas de *R. mangle* y *R. racemosa*, éstas últimas presentan un mayor grosor.

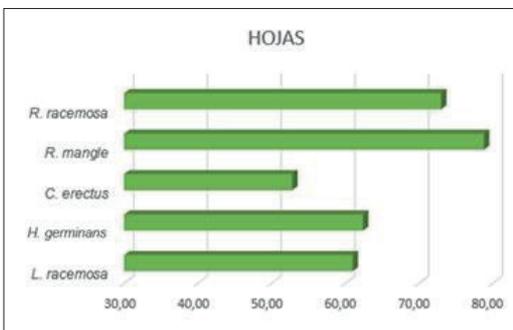


Figura 6. Grosor de las hojas (10X) de cinco especies de mangles.

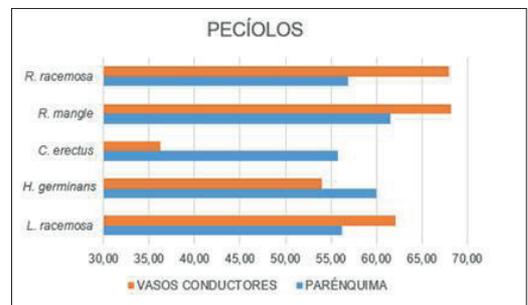


Figura 7. Diámetros de los vasos conductores y radios del tejido parenquimatoso de cinco especies de mangles.



Figura 8. Comparación de vasos conductores y tejidos parenquimatosos del córtex de cinco especies de mangles.

Pecíolos

De acuerdo con los promedios de los radios del tejido parenquimatoso anterior al cilindro vascular, no se evidencian diferencias estadísticas significativas entre las cinco especies de mangle analizadas, pero con respecto a los diámetros de los cilindros vasculares, los pecíolos de *C. erectus* son significativamente diferentes a las demás, ya que obtuvieron valores mucho menores (Gráfico 2).

Raíces

El análisis demuestra que, en cuanto a vasos conductores, todas las especies de mangle difieren entre ellas, mostrando diferencias estadísticas. En cuanto al radio de los tejidos del cortex, *C. erectus* fue la especie que más difirió ya que presentó valores muy bajos (Gráfico 3).

Neumatóforos

En cuanto a aerénquima, *L. racemosa* y *H. germinans* son estadísticamente iguales, pero en cuanto a diámetro de vasos conductores, *L. racemosa* difiere al presentar diámetros mayores.

Discusión

El mayor desarrollo de ciertos tejidos puede ser una estrategia de supervivencia dependiendo del grupo de plantas, las condiciones fisicoquímicas del lugar en el que habitan y el tipo de estrés al que estén sometidas. Todas las muestras tomadas para este trabajo estaban ubicadas en el borde del sendero del Parque Lineal, por lo que no se puede discutir en base a diferencias dadas por mayor o menor proximidad a la línea costera. Los mangles generalmente desarrollan características esclerofílicas, según Lima et al. (2013), la presencia de varias capas de tejido parenquimatoso (empalizada y epidérmico) es una respuesta a los factores estresantes a los que están sometidos.

En el presente trabajo, en las hojas y pecíolos de la mayoría de las especies de mangles analizadas no se pudieron observar diferencias estadísticamente significativas en cuanto a parénquima; en todas las

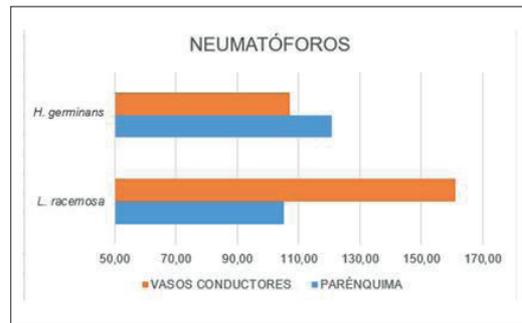


Figura 9. Análisis comparativo de vasos conductores y tejido parenquimatoso de neumatóforos en dos especies de mangles, *L. racemosa* y *H. germinans*.

hojas analizadas se encontraron esclereidas y estas según Naskar & Palit (2014), otorgan soporte a las hojas que poseen poca turgencia.

Las hojas contenían gran cantidad de cloroplastos, sin embargo, las que presentaron mayor densidad de éstos fueron *L. racemosa* y *H. germinans*, ya sea en el tejido de relleno o de empalizada. Este tipo de orgánulos muestran un gran impacto en la correcta absorción y reflexión de energía lumínica (Carvalho et al., 2005), para un correcto proceso fotosintético.

Ambas especies de *Rhizophora* mostraron hojas coriáceas, con cutícula y tejido esponjoso grueso, además de los estomas exclusivamente en el envés. Surya & Hari (2016) analizaron tres especies del género *Bruguiera*, pertenecientes a la familia Rhizophoraceae, y observaron las mismas características en sus hojas que las descritas anteriormente.

En *H. germinans* se pudieron observar estomas en la parte adaxial de las hojas, siendo ésta la única característica anatómica que difiere con las descripciones para la misma especie el trabajo de en Gonzalez-Sánchez (2013), y también con las características expuestas de *A. marina* en Sasomsaptawee et al. (2017) y Surya & Hari, (2018) y con *A. schaueriana* en Ponticel et al. (2021), estos autores afirman que las especies mencionadas son epistomáticas.

Las características de los pecíolos tanto de *R. mangle* como *R. racemosa* son similares a las que se exponen en los resultados de Nurnida & Noraini (2014), ellos discuten que características como la epidermis cutinizada y el aerénquima están asociadas con la regularización y minimización de la pérdida de agua dulce.

Las raíces y neumatóforos de *H. germinans* determinaron que su anatomía es muy similar, concordando así con la investigación de Ish-Shalom-Gordon & Dubinsky (1992), en los que detalla la similitud anatómica entre los distintos tipos de raíces. En ambas especies de *Rhizophora* se constató gran cantidad de tejido esclerenquimático y no

aerenquimatoso, como se especulaba, debido a que en el trabajo de Yáñez-espinoza & Flores (2011) se explica que la ausencia de neumatóforos en *Rhizophora* provoca que los miembros de este género dependan mayormente de sus raíces aéreas para captar oxígeno.

Conocarpus erectus posee hojas más pequeñas, peciolo con conductos vasculares de menor diámetro y raíces con menor cantidad de tejido cortical. Esta diferencia morfológica entre *Conocarpus erectus* y los llamados mangles verdaderos, *H. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle* y *R. racemosa*, apoya la categoría de mangle facultativo, en la que *C. erectus* ha sido previamente asignada (Cornejo, 2014).

Conclusiones

El presente estudio nos lleva a concluir lo siguiente:

-Las hojas de *Rhizophora mangle* y *R. racemosa* son similares, tanto morfológica como histológicamente.
-En ambas caras de la lámina foliar de *H. germinans* se observan abundantes tricomas piriformes de apariencia glandular, éstos ayudan a la planta a regular las cantidades de sales en su interior expulsando el exceso, además los tricomas son tan densos que cubren los estomas, esto probablemente ayude a que se reduzca un poco la pérdida de agua dulce.

-La estructura de los vasos conductores y el tejido aerenquimatoso presente tanto en raíces como en neumatóforos de *H. germinans* y *L. racemosa* son muy similares, esto quizás contribuya a una eficaz y rápida difusión de oxígeno a través de toda la planta.

-Tanto *R. mangle* como *R. racemosa* no presentaron cantidades significativas de aerénquima en sus raíces aéreas debido a que estas tienen como función principal el fijarse al sustrato para otorgar soporte y estabilidad. Este género usualmente se presenta en la franja más externa de los bosques de mangle por lo que reciben el impacto directo del mar, así que estas raíces cumplen la función de sujeción al sustrato y también contribuyen con la absorción de agua y sales. Los órganos destinados a respiración son las hojas, lo que explicaría su gruesa anatomía, y los hipocótilos.

-*Conocarpus erectus* posee hojas más pequeñas, peciolo con conductos vasculares de menor diámetro, raíces con menor cantidad de tejido cortical y no posee neumatóforos, a diferencia de *H. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle* y *R. racemosa*. Esto probablemente se debe a que, en cuanto a las zonas de transición de manglar, *C. erectus* se encuentra en el interior de los bosques, por lo que no recibe el impacto directo del oleaje ni tampoco sufre estrés prolongado por inundaciones.

Recomendaciones

- Analizar mediante otros protocolos recomendados para las hojas con la finalidad de

una mejor observación de cavidades estomáticas en *Hilairanthus germinans*.

- Comparar la estructura anatómica de raíces y neumatóforos con tallos.
- Comparar análisis histológicos durante época seca y con lugares menos contaminados.

Bibliografía

- Ashford, A. E., y Allaway, W. G. (1995). There is a continuum of gas space in young plants of *Avicennia marina*. *Hydrobiologia*, 295(1-3): 5-11.
- Carvalho, O. A. de, Guimarães, R. F., Souza, É. de, Ferreira, A. P. y Trancoso, R. A. (2005). Aplicação do método de identificação espectral para imagens do sensor Aster em ambiente fechado. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(2): 159-172.
- Cornejo, X. (2014). Árboles y arbustos de los Manglares del Ecuador. MAE (Ministerio Del Ambiente Del Ecuador); FAO (Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura, IT)., 48. <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>
- Cornejo, X. (2019). Plantas de los manglares de la costa del Pacífico de América del Sur (Colombia, Ecuador, Perú). *Manglares de América*.
- Cornejo, X. (2020). The Reinstatement of *Hilairanthus* (Acanthaceae): A genus from Neotropical and Western-Paleotropical mangroves. *Harvard Papers in Botany*, 25: 231-235.
- Díaz Gaxiola, J.M. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3): 355-369.
- Evans, D.E. (2003). Aerenchyma formation. *New Phytologist*, 161: 35-49.
- Evans, L.S., Testo, Z.M., Cerutti, J.A., The, S., Society, B., Evans, L.S., Testo, Z.M. y Cerutti, J.A. (2009). Characterization of internal airflow within tissues of mangrove species from Australia: leaf pressurization processes. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 136(1): 70-83.
- Gómez-Villamonte, A.K., Rodríguez, R., Villarreal, R., Gonzáles, A. y Piepnbring, M. (2010). Guía de mangles de la Costa Pacífica de Chiriquí, Panamá. *Puente Biológico*, 3: 33-49.
- Gonzalez-Sánchez, A. R. (2013). *Respuesta fisiológica y caracterización estomática de tres especies de mangle en el estero de Tumulco, Tuxpan, Veracruz*. Univesidad Veracruzana.
- Guamán-Burneo, M. C. y González-Romero, N.P. (2016). *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador*. Corporación para la investigación Energética, Laboratorio de Biotecnología Energética, Quito, Ecuador.
- Hamilton, S.E. (2020). Botany of Mangroves. En: *Mangroves and aquaculture* (pp. 1-40). Springer, Cham.
- Hogarth, P. J. (2013). Mangrove Ecosystems. En: S.A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)* (pp. 10-22).
- Ish-shalom-gordon, N. y Dubinsky, Z. (1992). Ultrastructure of the pneumatophores of the mangrove *Avicennia marina*. *South African Journal of Botany*, 58(5): 358-362.
- Kathiresan, K. y Bingham, B.L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40: 81-251.
- Lima, C.S., Torres-Boeger, M.R., Carvalho, L.L. y Soffiatti, P. (2013). Sclerophylly in mangrove tree species from South Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(4): 1159-

- 1166.
- Lonard, R.I., Judd, F.W., Summy, K.R., Deyoe, H. y Stalter, R. (2017). The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Avicennia germinans* (L.) L. *Journal of Coastal Research*, 33(1): 191-207.
- López Rodríguez, F. (2018). Mangrove Concessions: An Innovative Strategy for Community Mangrove Conservation in Ecuador. In: C. Makowski y C. Finkl (Eds.), *Threats to Mangrove Forests. Coastal Research Library* (pp. 557-578). Springer, Cham.
- Lucena, I., Maciel, V.E.D.O., Silva, J.B., Josiclêda, D. y Pimentel, R.M.D.M. (2011). *Leaf structure of mangrove species to understand the spectral responses*. 2: 19-31.
- MckEE, K.L. y Mendelsohn, I.A. (1987). Roots metabolism in the black mangrove (*Avicennia germinans* (L.) L.): response to hypoxia. *Environmental and Experimental Botany*, 27(2): 147-156.
- Naskar, S. y Palit, P.K. (2014). Anatomical and physiological adaptations of mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, 23(3): 357-370.
- Nurnida, M.K. y Noraini, T. (2014). Petiole anatomical characteristics of Mersing tidal Rhizophoraceae. *Malayan Nature Journal*, 66(3): 54-59.
- Ponticel, L., Bezerra, J., Nunes, B. y Garcia, B. (2021). Modulation of anatomical adaptations of leaves of *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) by a galling *Meunieriella* (Cecidomyiidae). *Flora*, 274: 151750. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151750>
- Primavera, J.H., Friess, D.A., Van Lavieren, H. y Lee, S.Y. (2018). The mangrove ecosystem. In: *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts* (Second Ed., Vol. 2012, Issue 2011). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00001-2>
- Purnobasuki, H. & Suzuki, M. (2004). Aerenchyma formation and porosity in root of a mangrove plant, *Sonneratia alba* (Lythraceae). *Journal of Plant Research*, 117(6): 465-472.
- Quevedo, O., Cerón, J., Cerón, R., Jaramillo, B., Calderón, M., Inshivotkina, Y. y Revelo, W. (2018). Morphological responses of *Rhizophora harrisonii* by pollution in the main port zone of Guayaquil-Ecuador. *AIP Conference Proceedings*, 1982. <https://doi.org/10.1063/1.5045429>
- Sasomsaptawee, M., Kermanee, P. y Jintana, V. (2017). Anatomical character of a mangrove species *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. (ACANTHACEAE). En 55. *Kasetsart University Annual Conference, Bangkok (Thailand), 31 Jan-3 Feb 2017*.
- Sou, H. D., Masumori, M., Kurokuchi, H. & Tange, T. (2019). Histological observation of primary and secondary aerenchyma formation in adventitious roots of *Syzygium kunstleri* (King) Bahadur and R.C.Gaur grown in hypoxic medium. *Forests*, 10: 137. <https://doi.org/10.3390/f10020137>
- Srikanth, S., Lum, S. K. Y. y Chen, Z. (2015). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees - Structure and Function*, 30(2): 451-465.
- Surya, S. y Hari, N. (2016). Comparative study on foliar and petiole anatomy of the genus *Bruguiera* L. in mangrove forest of Kerala. *Journal of Academia and Industrial Research*, 5(7): 92-97.
- Surya, S. y Hari, N. (2018). Anatomical , morphological , palynological , phytochemical and molecular profiling of medicinal mangrove *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3(7).
- Tomlinson, P.B. (1986). *The Botany of mangroves*. Cambridge University Press.
- Wang, W., Yan, Z., You, S., Zhang, Y., Chen, L. y Lin, G. (2011). Mangroves: Obligate or facultative halophytes? A review. *Trees - Structure and Function*, 25(6): 953-963.
- West, R.C. (1956). Mangrove swamps of the Pacific Coast of Colombia. *Annals of the Association of American Geographers*, 46(1): 98-121.
- Yáñez-espinoza, L. y Flores, J. (2011). A Review of Sea-Level Rise Effect on Mangrove Forest Species : Anatomical and Morphological Modifications. En: S. Casalegno (Ed.), *Global Warming Impacts - Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/24662>

Sistema arbolado nativo y carbono en el Cantón Palenque, Provincia de los Ríos, Ecuador

Native wooded system and carbon in the Canton Palenque, Province of
los Ríos, Ecuador

Patricia Mero^{1*} & Carmita Bonifaz²

¹ *Empresas Tropack, Analista de laboratorio, Km 26 via Boliche*

² *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 10 de abril 2021; recibido en forma revisada 2 de mayo 2021, aceptado 4 de junio 2021
Disponble en línea 26 de junio 2021

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el carbono en un sistema arbolado nativo del Cantón Palenque, Provincia de los Ríos, Ecuador; donde se establecieron dos cuadrantes al azar, de 50 x 50m² en el interior del bosque nativo de la Estación Científica Pedro Franco Dávila, se realizaron mediciones dasométricas que fueron tomadas en el campo de estudio como diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (H) y volumen comercial (Vc), donde se empleó el método directo o destructivo para tener las muestra de tronco, fuste, rama, raíces, hojas y hojarasca que fueron enviadas al laboratorio para obtener carbono (c) mediante el método de análisis elemental. Registrando en el cuadrante A1 125 individuos, 12 especies, 12 género y 9 familia cuadrante A2 135 individuos, 12 especies, 12 género y 8 familia; en ambos cuadrante la familia más representativa fue Morácea, y la especie Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) tuvo mayor presencia en ambos cuadrantes; biomasa con un total para el área estudiada de 30,17 T(c), volumen de rama 3.65 m³, volumen comercial de un individuo es de 4.8m³ volumen de raíces 1.63 m³, hojas 266,6 T (c), hojarasca 634,6 T (c), dando un total en el área muestral con 46 individuos de Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) de 31,09 T(c). En conclusión Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), constituye una población de árboles jóvenes por tener 11 individuos en clase de altura entre 7-13,99 en el cuadrante A1, con siete individuos en clase de altura entre 6- 8,99 en el cuadrante A2.

Palabras claves: Bosque nativo, Carbono, *Sorocea sarcocarpa*, sistema arbolado, mediciones dasométricas.

Abstract

The present study aimed to evaluate carbon in a native wooded system of the Palenque Canton, Los Ríos Province, Ecuador; where two quadrants were established at random, 50 x 50m² inside the native forest of the Pedro Franco Dávila Scientific Station, dasometric measurements were made that were taken in the study field as diameter at chest height (DBH), height total (H) and commercial volume (Vc), where the direct or destructive method was used to have the trunk, stem, branch, roots, leaves and leaf litter samples that were sent to the laboratory to obtain carbon (c) by the method of elemental analysis. Registering in quadrant A1 125 individuals, 12 species, 12 genus and 9 family quadrant A2 135 individuals, 12 species, 12 genus and 8 family; In both quadrants, the most representative family was Morácea, and the Tillo prieto species (*Sorocea sarcocarpa*) had a greater presence in both quadrants; biomass with a total for the studied area of 30.17 T (c), branch volume 3.65 m³, commercial volume of an individual is 4.8m³ root volume 1.63 m³, leaves 266.6 T (c), litter 634, 6 T (c), giving a total in the sample area with 46 individuals of Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) of 31.09 T (c). In conclusion, Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), constitutes a population of young trees by having 11 individuals in the height class between 7-13.99 in quadrant A1, with seven individuals in the height class between 6-8.99 in the quadrant A2.

Keywords: Native forest, Carbon, *Sorocea sarcocarpa*, wooded system, dasometric measurements.

* Correspondencia del autor:

E-mail: paty-lore@hotmail.com - carmita.bonifazb@ug.edu.ec



Introducción

Los bosques nativos tienen la capacidad de almacenar el carbono presente en la atmósfera, siendo participe del ciclo de este elemento, a los cuales se considera como uno de los principales almacenadores a nivel mundial, debido a los procesos de fotosíntesis y respiración que realizan, en donde la biomasa se concentra en estructuras vegetales como los fustes, ramas, hojas, raíces y cualquier otro tipo de materia orgánica presente (Martel, 2012).

Además, estos sistemas poseen una diversidad biológica muy elevada, compuesta de flora y fauna, las cuales interactúan entre sí, sin embargo, estas zonas están siendo perturbadas por actividades antropogénicas y la tala ilegal, destruyendo así los bosques ecuatorianos (Fernandez, Delgado, Bellet, & García, 2011). Por lo antes expuesto, es importante evaluar estas especies que brindan conocimientos para cualquier tipo de incentivo económico que puedan ser apoyados por proyectos verdes obteniendo servicio para el autor en estos sistemas presentes (IPCC, 2000).

Para poder cuantificar la cantidad de carbono en las plantas, se aplican diferentes métodos, entre ellos la observación directa o indirecta, por otro lado, también tenemos la metodología propuesta por (Soares & Oliveira, 2000; Francis, 2000; Gifford, 2000), donde el valor de la cantidad de carbono será desigual según su floema secundario, su epidermis y el crecimiento del árbol, de este modo, el porcentaje de carbono acumulado que está presente en la aérea de la materia orgánica, que a su vez estima el extracto seco sin importa la desigualdad de individuos (Brown & Lugo, 1984; IPCC, 1996).

Según la investigación de la FAO (2006), los bosques nativos acumulan un billón de toneladas de carbono al año. Siendo la materia seca la responsable de almacenar un 50%. De hecho, existen varios autores donde mencionan que durante el crecimiento los árboles capturan carbono y que a su vez cuando termina su ciclo la misma cantidad que retuvo la retorna a la atmósfera (Lee Pinto, 2002). Así mismo, la captura y almacenamiento del carbono dependerá de su desarrollo (IPCC, 2007).

Entre los tipos de bosque más importantes del Ecuador, se destacan los siguientes: húmedos, secos, templados, alto andino, nublados y tropicales. Ecuador se encuentra entre los países de Latinoamérica con mayor biodiversidad gracias a tres factores, como lo son: la influencia de las corrientes marinas, su ubicación geográfica en la zona ecuatorial y el levantamiento de las cordilleras de los Andes (Fernandez, Delgado, Bellet, & García, 2011).

La Estación Científica Pedro Franco Dávila ubicada en la provincia de los Ríos en el cantón Palenque, tiene un bosque protector con una cantidad considerable de

arbóreos nativos con estructura leñosa, la cual tiene alterada su capacidad de acumulación de carbono debido a esto causa daño a su textura vertical y horizontal por ese motivo el bosque se encuentra en reforestación (Bajaña, 2016).

El cuantificar la cantidad de carbono que capturan los árboles nativos, permitirá conocer el rol de estos en el ecosistema del bosque húmedo tropical, el bosque protector denominado Jauneche situado en Estación Científica Pedro Franco Dávila cumple con estas condiciones, de allí el propósito del presente trabajo.

Antecedentes

La estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea en otros países se ha realizado mediante métodos directos e indirectos, como el que se llevó a cabo en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, en árboles maderables, encontrándose que dos de ellos presentaron mayor cantidad de carbono así: Quebracho colorado con 10.486 Tn/ha y Quebrachos blanco con 12.697 Tn/ha (Veracruzana, 2009).

En nuestro país, se ha evaluado el carbono almacenado en árboles en diferentes ecosistemas, así Castillo (2014), quien trabajó en el bosque húmedo Pre Montano de "El Prado" en la Provincia de El Oro utilizando el método directo, donde realizaron 10 parcelas al azar en 10 hectáreas identificando un total de 776 individuos, 56 especies y 24 familia estimando el carbono total almacenado de raíz, tallo, ramas y hojas de las siete especies más abundantes que fueron: Fernán sanchez (*Triplaris cumingiana*) con 29.14 t/ha, Pacay blanco (*Cupania cinérea*) con 30.45 t/ha, Laurel (*Cordia alliodora*) con 19.95 t/ha, Tillo, clavo (*Pseudolmedia rigida*) con 6.31 t/ha, Membrillo (*Inga oerstediana*) con 18.85 t/ha, Guaba de mono (*Eschweilera integrifolia*) con 20.57 t/ha, Vara blanca (*Allophylus psilospermus*) con 4.87 t/ha.

Arevalo (2015), quien evaluó el almacenamiento de carbono en el bosque natural Tinajillas-Limon Indanza utilizando el método indirecto en cuatro parcelas de un área de 118 hectáreas, se identificaron 925 individuos, 27 especies, 27 géneros y 22 familias. Donde el almacenamiento de carbono en el estrato arbóreo es de 0,064 t con una desviación de 0,114 por el total de individuos presente, y la familia más representativa es Malastomatácea.

Ramirez & Zamora (2019), evaluaron la biomasa aérea del Bosque Nativo de la Comunidad Rancho Chico de la Provincia Imbabura, utilizando el método indirecto, se identificó en un área de 7.29 ha un total de 396 individuos, 20 especies, 16 géneros y 16 familia. La cantidad de carbono total almacenada fue de 1 011.18 ton. En donde las familias: Solanaceae, Actinidiaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Araliaceae contiene más del 50% de carbono registrando, el género *Persea* sp con un 0.25 ton.

Bajaña (2016), realizó un estudio en el bosque protector Pedro Franco Dávila de la provincia de los Ríos utilizando el método indirecto donde se realizó dos parcelas en áreas natural e intervenidas dividida cada una en 4 subparcela de 20 x 20m, como resultado para ambas parcelas, la familia más representativa fue Moraceae, del área natural la especie con mayor almacenamiento de carbono fue Tutumbe (*Enterolobium cyclocarpum*) con 50066 kg ha⁻¹ y del área intervenida fue Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*) con 29219 kg ha⁻¹.

Materiales y métodos

Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la Estación Científica Pedro Franco Dávila en la provincia de los Ríos en el cantón Palenque, Ecuador, la misma que pertenece a la Universidad de Guayaquil de la Facultad de Ciencias Naturales. Los cuadrantes de muestreo se localizaron al interior de bosque nativo en un área secundaria durante los meses de enero y febrero del 2011 en época lluviosa, y para graficar los puntos se utilizaron los programas Google Earth (Google Earth, 2018) y QGIS versión 2.18 (QGIS Development Team 2016) (Figura 1).

Metodología

Fase de campo

Especies arbóreas presentes en el sistema arbolado nativo.

Para identificar las especies de un bosque nativo se

establecieron dos cuadrantes al azar, de 50 x 50m en el interior del bosque de la Estación Pedro Franco Dávila, con un GPS Garmin y piolas de nylon A-12, dando un área de muestreo total de 5000m² (Anexo 1).

El cuadrante A1 con las siguientes coordenadas (UTM 648578.68E- 9862757.133N) y una elevación de 60,8275, exhibió vegetación secundaria con árboles juveniles, encontrándose algunos frutos de piñuelo (*Duguetia peruviana*) en el suelo El cuadrante A2 con un declive aproximado de 30°, y con las coordenadas (UTM 648433.382E- 9862931.472N) y una elevación de 62,4175m, encontrándose en el suelo algunos frutos de jaborcillo (*Sapindus saponaria* L.) y una flor del Tillo Prieto (*Sorocea sarcocarpa*) (Anexo 2).

En ambos cuadrantes se procedió a etiquetar cada árbol utilizando unas fichas plásticas, las cuales se amarro con hilo de nylon para posteriormente numerarlas. A cada árbol etiquetado se le registro las medidas dasométricas como el diámetro a la altura de pecho (DAP) utilizando una cinta diamétrica y altura total desde la base de suelo hasta el ápice de cada especie. Luego se realizó la identificación de cada árbol presente en cada cuadrante observando las características morfológicas externa del tronco, hojas, flores o frutos además de su nombre común. Todas las características de campo anotadas fueron validadas con la respectiva flora de Jauneche al fin de obtener la familia y el nombre científico (Figura 2).

En cada cuadrante, se eligió un árbol representativo en función a su abundancia, para ser procesado por el método directo o destructivo que requiere de cortar

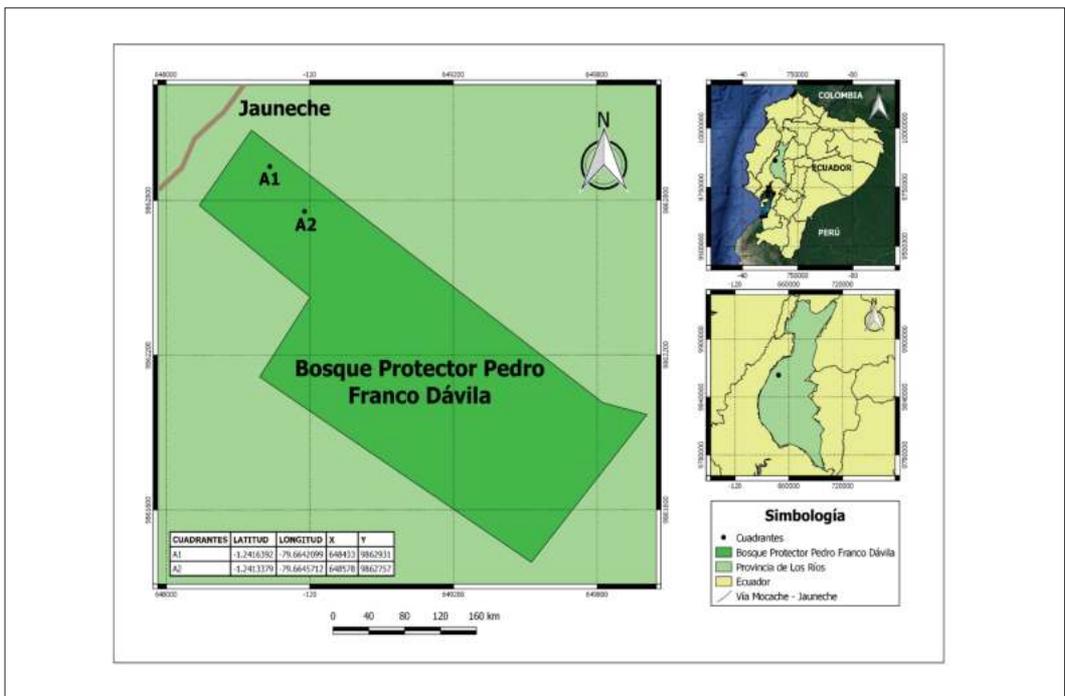


Figura 1. Localización de los cuadrantes en bosque nativo en la Estación científica Pedro Franco Dávila.



Figura 2. A.-Demarcación de los cuadrantes en bosque secundario. B.-Censo e identificación de las especies. C.-Medida del DAP y altura total de la especie.

el árbol para separar muestras de fuste, raíz, hojas, ramas y hojarasca. Las muestras fueron secadas a la sombra y puesta en fundas plásticas para diferenciar las partes recogidas (Figura 3)

Fase de laboratorio

El árbol escogido para el análisis de carbono fue en función de la especie más abundante, presente en ambas parcelas, siendo el Tillo prieto (*Sorocea sarcoarpa*). Del individuo apeado con la ayuda de una sierra eléctrica se separó 5cm de tronco, 20 cm de raíz, 20cm de rama, un gramo de hojarasca y cinco hojas de una rama de Tillo prieto la misma que después de ser secada a la sombra, se procedió a ponerlas en funda de papel Kraft, etiquetadas con los siguientes códigos: raíz (Pm-R), tronco (Pm-Tr), rama (Pm-Rm), hoja (Pm-H), hojarasca (Pm-Hr) para enviarlas al laboratorio de investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar (ECUMASA) para la determinación de carbono total mediante la prueba de análisis elemental (Figura 4).



Figura 4. Muestra codificada para el análisis elemental del Tillo prieto (*Sorocea sarcoarpa*)



Figura 3. Muestras en fundas plásticas de las partes del árbol seleccionado para análisis de carbono.

Cálculo de carbono

Para calcular el carbono, se realizó las siguiente formula donde el peso del árbol escogido se multiplicará por el porcentaje de cada muestra que se envió al laboratorio por medio del método de análisis elemental y se dividirá para 100, para posteriormente cuantificar el carbono (Rugnitz, Chacon, & Porro, 2009).

$$C = \frac{Pa \cdot P}{100}$$

Dónde:

C = Carbono (toneladas)

Pa = Peso de árbol

P = Porcentaje

Cálculo de la biomasa

Para calcular la biomasa viva (fuste y copa), mediante las medidas que se tomó en el campo como el diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura total del árbol se escogió la categoría de altura, donde se aplicó la fórmula de carbono en toneladas, para posteriormente obtener la biomasa en carbono del cuadrante A1 y A2.

Volumen de ramas

Se procedió mediante el método destructivo del árbol más representativo, a medir todas las ramas de la especie, donde se utilizará la longitud de las ramas lo cual se expresó en metros mediante la siguiente formula

$$Vr = (\pi) (r^2) (h)$$

Donde:

Vr= volumen de ramas (m³)

h= longitud de ramas.

r= radio de las ramas.

Volumen comercial

Se procedió mediante el método destructivo del árbol más representativo, a medir el fuste de la especie lo cual se expresó en la siguiente fórmula.

$$VC = H \cdot AB \quad AB = \frac{D \cdot H}{\text{Area}}$$

Donde:

Vc= volumen comercial (m³)

h= altura comercial

AB= Área basal

D= Diámetro.

Volumen raíces

Se procedió a inferir un tamaño aproximado de las raíces en función de la proyección de la copa del árbol sobre el suelo, se utilizará la longitud de las raíces lo cual se expresará en metros mediante la siguiente fórmula.

$$Vr = (\pi) (r^2) (h)$$

Donde:

Vr= volumen de raíces (m³)

h= longitud de raíces.

r= radio de las raíces.

Hojarasca

Para el cálculo de la hojarasca se tomó de 4 punto donde se rastrillo y dio un total de libra y media de

hojarasca lo cual solo 10 gramo se utilizó para la lectura del porcentaje de carbono.

Hojas

Para el cálculo de las hojas se procedió a tomar de la rama la muestra donde dio un total de 3 libras, lo cual solo se utilizó 10 gramos para la lectura del porcentaje de carbono.

Resultados

Especies arbóreas presentes en el sistema arbolado nativo.

En 5000 m² de un bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila se registraron un total de 260 individuos arbóreos con: 9 familias, 13 géneros y 13 especies, con presencia de frutos en el suelo de jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.), Piñuelo (*Duguetia peruviana*) y una flor en Tillo Prieto (*Sorocea sarcocarpa*) (Anexo 2).

En el cuadrante A1 se registró 125 individuos, 9 familias, 12 géneros y 12 especies donde Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) tiene una mayor presencia, con un porcentaje de 20.8%, seguido de la especie Chala (*Erythrina* sp) y Bantano (*Pithecellobium macradenium*) ambas con el mismo porcentaje de 15,2% y Piñuelo (*Duguetia peruviana*) con un porcentaje de 11,2 (Tabla 1).

La especie con mayor DAP fue: Bantano (*Pithecellobium macradenium*) con diámetros entre 70 a 79 cm, aunque con pocos individuos que constituyen 0,8%. Las especies con menor DAP de 9 cm fueron: Coquito (*Adelia triloba*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Caucho (*Castilla elástica*), Moral Bobo (*Clarisia racemosa*), Piñuelo (*Duguetia peruviana*), Chala (*Erythrina* sp), Guayabo de monte (*Psidium guajava* L), Jaboncillo (*Sapindus saponaria* L), Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), Fernán sanchez (*Triplaris cumingiana*), Tachuelo (*Zanthoxylum aff.*

Tabla 1. Especies arbóreas presentes en el A1 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Nombre científico	Familia	Nombre común	N.º de individuo	%
<i>Sorocea sarcocarpa</i>	Moraceae	Tillo prieto	26	20,8
<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	Chala	19	15,2
<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Caracolí	15	2,4
<i>Pithecellobium macradenium</i>	Fabaceae	Bantano	19	15,2
<i>Duguetia peruviana</i>	Annonaceae	Piñuelo	14	11,2
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Guayabo de monte	8	6,4
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Jaboncillo	3	2,4
<i>Adelia triloba</i>	Euphorbiaceae	Coquito	3	12
<i>Castilla elástica</i>	Moraceae	Caucho	8	6,4
<i>Zanthoxylum aff. Panamense</i>	Rutaceae	Tachuelo	3	2.4
<i>Triplaris cumingiana</i>	Polygonaceae	Fernán Sánchez	2	1,6
<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	Moral Bobo	5	4

Tabla 2. Número de árboles por clase diamétrica del cuadrante A1 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Clase diamétrica	N.º de individuo	%
0-9,99	82	65,6
10-19,99	19	15,2
20-29,99	11	8,8
30-39,99	2	1,6
40-49,99	2	1,6
50-59,99	6	4,8
60-69,99	2	1,6
70-79,99	1	0,8
Total	125	100

Panamense) con un mayor número de individuos en un porcentaje de 65,5% (Tabla 2) (Figura 5).

La especie con mayor altura fue: Caracolí (*Anacardium excelsum*) con altura ente 40 a 49 m, aunque con pocos individuos que constituyen 1,6%. Las especies con menor altura de 9 m fueron: Coquito (*Adelia triloba*), Caucho (*Castilla elástica*), Moral Bobo (*Clarisia racemosa*), Piñuelo (*Duguetia peruviana*), Chala (*Erythrina sp*), Bantano (*Pithecellobium macradenium*), Guayabo de monte, (*Psidium guajava L*), Jaboncillo (*Sapindus saponaria L*), Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), Fernán sanchez (*Triplaris cumingiana*), Tachuelo (*Zanthoxylum aff. Panamense*) con un mayor número de individuos en un porcentaje de 77,6% (Tabla 3) (Figura 6).

En el cuadrante A2 se registró 135 individuos, 8 familias, 12 géneros y 12 especies donde Piñuelo (*Duguetia peruviana*) tiene una mayor presencia con un porcentaje de 21,4%, seguido de la especie Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) con 14,8% y Caracolí (*Anacardium excelsum*) con porcentaje de 11,8 (Tabla 4).

Tabla 3. Número de árboles por clase altura del cuadrante A1 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Clase altura	N.º de individuo	%
0-9,99	97	77,6
10-19,99	14	11,2
20-29,99	4	3,2
30-39,99	8	6,4
40-49,99	2	1,6
Total	125	100

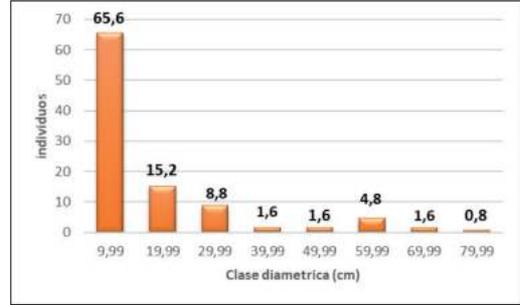


Figura 5. Representación de árboles por clase diamétrica del cuadrante A1 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Las especies con mayor DAP fueron: Moral Bobo (*Clarisia racemosa*), Jobo (*Spondias mombin L*) con diámetros entre 42 a 48 cm, aunque con pocos individuos que constituyen 1,4%. Las especies con menor DAP de 6 cm fueron: Coquito (*Adelia triloba*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Caucho (Castilla elástica), Piñuelo (*Duguetia peruviana*), Chala (*Erythrina sp*), Bantano (*Pithecellobium macradenium*), Guayabo de monte (*Psidium guajava L*), Jaboncillo (*Sapindus saponaria L*), Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), con un mayor número de individuos en un porcentaje de 46,6% (Tabla 5) (Figura 7).

La especie con mayor altura fue: Caracolí (*Anacardium excelsum*) con altura ente 28 a 34 m, aunque con pocos individuos que constituyen con 2,2%. Las especies con menor altura de 6 m fueron: Coquito (*Adelia triloba*), Caucho (*Castilla elástica*), Moral Bobo (*Clarisia racemosa*), Piñuelo (*Duguetia peruviana*), Chala (*Erythrina sp*), Bantano (*Pithecellobium macradenium*), Guayabo de monte (*Psidium guajava L*), Jaboncillo (*Sapindus saponaria L*), Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), con un mayor número de individuos en un porcentaje de 68,1% (Tabla 6) (Figura 8).

La especie con mayor frecuencia en ambos cuadrantes (A1 y A2) fue tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), en

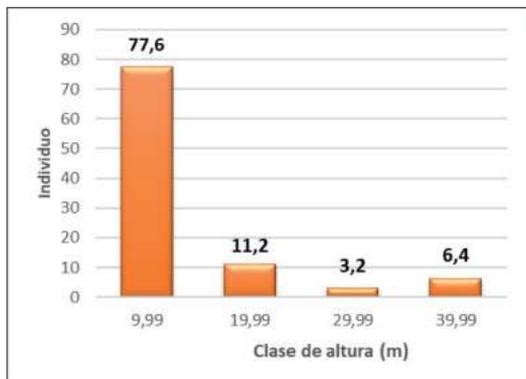


Figura 6. Representación de árboles por clase altura del cuadrante A1 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Tabla 4. Especies arbóreas presentes en el A2 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Nombre científico	Familia	Nombre común	N.º de individuo	%
<i>Sorocea sarcocarpa</i>	Moraceae	Tillo prieto	20	14,8
<i>Erythrina sp</i>	Fabaceae	Chala	8	5,9
<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Caracolí	16	11,8
<i>Pithecellobium macradenium</i>	Fabaceae	Bantano	15	11,1
<i>Duguetia peruviana</i>	Annonaceae	Piñuelo	29	21,4
<i>Psidium guajava L.</i>	Myrtaceae	Guayabo de monte	4	2,9
<i>Sapindus saponaria L.</i>	Sapindaceae	Jaboncillo	8	5,9
<i>Adelia triloba</i>	Euphorbiaceae	Coquito	8	5,9
<i>Castilla elástica</i>	Moraceae	Caucho	15	11,1
<i>Spondias mombin L.</i>	Anacardiaceae	Jobo	1	0,7
<i>Triplaris cumingiana</i>	Polygonaceae	Fernán sanchez	6	4,4
<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	Moral Bobo	5	3,7

A1 tuvo 0,208 y A2 con 0,148; y las especies con menor frecuencia fueron: Fernán sanchez (*Triplaris cumingiana*), en el cuadrante A1 con 0,016 y Jobo (*Spondias mombin L.*) Con 0,007 en el cuadrante A2 (Tabla 7 y 8) (Figura 9).

Todas las especies se registraron en los dos cuadrantes a excepción de Tachuelo (*Zanthoxylum aff. Panamense*) que se registró solo en el cuadrante A1 y en el cuadrante A2 se registró solo la especie de Jobo (*Spondias mombin L.*). En ambos cuadrantes la familia más representativa fue Moraceae.

Cantidad de carbono que captura la especie arbórea más representativa del sistema arbolado nativo.

La especie Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) tiene mayor presencia en ambos cuadrantes del bosque nativo estación Pedro Franco Dávila; al azar se escogió un individuo de esta especie dentro del cuadrante tanto en el A1 y A2, para ser apeado y poder tomar las muestras que fueron enviadas al laboratorio para obtener carbono (c) mediante el método de análisis elemental, dando los siguientes resultados (Figura 10).

Cálculo de carbono

El carbono total para el cuadrante A1 Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), con 26 individuos es de 23,51 T(c); con 7,53 T(c) para tronco; para copa 15,88 T(c); para ramas 0,054 T(c); para raíz 0,053 T(c) (Tabla 9).

El carbono total para el cuadrante A2 Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), con 20 individuos es de 7,58 T(c), con 5,62 T(c) para el tronco; con 1,32 T(c) para la copa; con 0,56 T(c) para las ramas; con 0,08 T(c) para la raíz (Tabla 10).

Dando un total de carbono para Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) en 5000 m² en el área muestral de 31,09 T(c).

Biomasa

La biomasa viva constituye el fuste y copa del Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) en toneladas correspondiente 0,89 T(c), lo cual en el cuadrante A1 para 26 individuos da un total de 23,36 T(c) y el cuadrante A2 para 20 individuo un total de 6,81 T(c); con un total para el área estudiada de 30,17 T(c)

Tabla 5. Número de árboles por clase diamétrica del cuadrante A2 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Clase diamétrica	N.º de individuo	%
0-6,99	63	46,6
7-13,99	40	29,6
14-20,99	12	8,8
21-27,99	8	5,9
28-34,99	7	5,1
35-41,99	3	2,2
42-48,99	2	1,4
Total	135	100

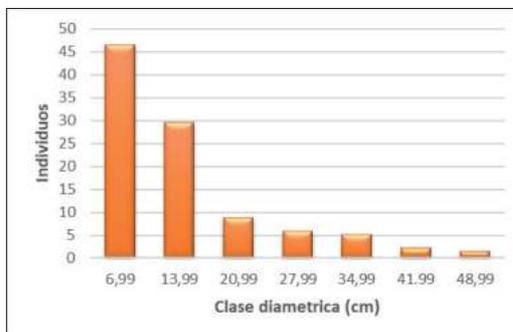


Figura 7. Representación de árboles por clase diamétrica del cuadrante A2 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Tabla 6. Número de árboles por clase altura del cuadrante A2 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Clase altura	N.º de individuo	%
0-6,99	92	68,1
7-13,99	28	20,7
14-20,99	8	5,9
21-27,99	4	2,9
28-34,99	3	2,2
Total	135	100

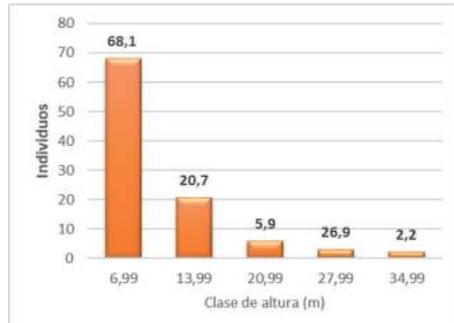


Figura 8. Representación de árboles por clase altura del cuadrante A2 en el bosque nativo de la Estación Pedro Franco Dávila.

Tabla 7. Especies del cuadrante A1 con mayor frecuencia en el bosque de la Estación Pedro Franco Dávila.

Especies	N.º de individuos	%	fr
<i>Adelia triloba</i>	15	12	0,12
<i>Anacardium excelsum</i>	3	2,4	0,024
<i>Castilla elástica</i>	8	6,4	0,064
<i>Clarisia racemosa</i>	5	4	0,04
<i>Duguetia peruviana</i>	14	11,2	0,112
<i>Erythrina sp.</i>	19	15,2	0,152
<i>Pithecellobium macradenium</i>	19	15,2	0,152
<i>Psidium guajava L.</i>	8	6,4	0,064
<i>Sapindus saponaria L.</i>	3	2,4	0,024
<i>Sorocea sarcocarpa</i>	26	20,8	0,208
<i>Triplaris cumingiana</i>	2	1,6	0,016
<i>Zanthoxylum aff. Panamense</i>	3	2,4	0,024
<i>Spondias mombin L.</i>	0	0	0
Total	125	100	1

Tabla 8. Especies del cuadrante A2 con mayor frecuencia en el bosque de la Estación Pedro Franco Dávila.

Especies	N.º de individuos	%	fr
<i>Adelia triloba</i>	8	5,9	0,059
<i>Anacardium excelsum</i>	16	11,8	0,118
<i>Castilla elástica</i>	15	11,1	0,11
<i>Clarisia racemosa</i>	5	3,7	0,037
<i>Duguetia peruviana</i>	29	21,4	0,21
<i>Erythrina sp.</i>	8	5,9	0,059
<i>Pithecellobium macradenium</i>	15	11,1	0,11
<i>Psidium guajava L.</i>	4	2,9	0,029
<i>Sapindus saponaria L.</i>	8	5,9	0,059
<i>Sorocea sarcocarpa</i>	20	14,8	0,14
<i>Triplaris cumingiana</i>	6	4,4	0,04
<i>Zanthoxylum aff. Panamense</i>	0	0	0
<i>Spondias mombin L.</i>	1	0,740	0,0074
Total	135	100	1

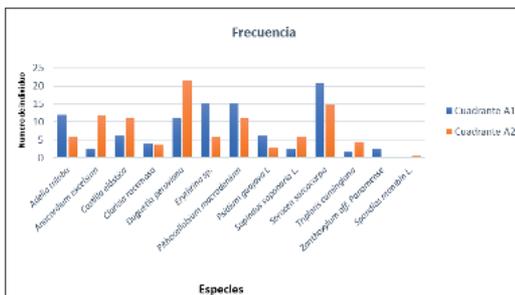


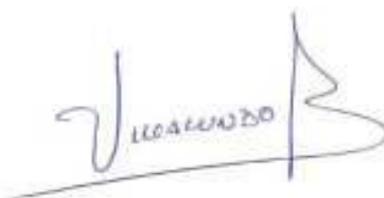
Figura 9. Representación de especies del cuadrante A1 y A2 con mayor frecuencia en el bosque de la Estación Pedro Franco Dávila.

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Lagunillas II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guano, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	EPG12-02
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2021
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N° INV 003

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Srta. Patricia Lorena Mero Lucas				
Muestra	Tejido vegetal				
Código asignado UEB	INV 10- INV 11- INV 12- INV 13 – INV 14				
Estado de la muestra	Sólido				
Envase de recepción	Frascos de plástico				
Análisis requerido(s)	Porcentaje de Carbono				
Fecha de recepción	05/02/2021				
Fecha de análisis	11/02/2021				
Fecha de informe	12/02/2021				
Técnico (s) asignado	MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Código de laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado (%)
INV 10	Pm-R	Carbon en base seca	%	Análisis Elemental UNE_EN 15104	48.97
INV 11	Pm-Tr	Carbon en base seca	%	Análisis Elemental UNE_EN 15104	45.95
INV 12	Pm-Rm	Carbon en base seca	%	Análisis Elemental UNE_EN 15104	50.01
INV 13	Pm-H	Carbon en base seca	%	Análisis Elemental UNE_EN 15104	46.67
INV 14	Pm-Hr	Carbon en base seca	%	Análisis Elemental UNE_EN 15104	39.18

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra



Ing. Marcelo Vilcacundo
 Director DIVIUEB

Figura 10. Resultados del laboratorio de análisis elemental de las muestras de raíz, tronco, hoja, rama y hojarasca de (Sorocea sarcoarpa) Tillo prieto.

Tabla 9. Carbono de tronco, copa, rama y raíz en árboles de tillo prieto de la estación Pedro Franco Dávila del Cuadrante A1.

Muestra	Clase de altura	N.º Individuo	Resultado (%)	Resultado (T)
Tronco	0-6,99	9	45,95	1,98
Tronco	7-13.99	11	45,95	3,74
Tronco	14-20,99	1	45,95	0,29
Tronco	21-27,99	1	45,95	0,24
Tronco	28-34,99	4	45,95	1,28
Copa	0-6,99	9	45,95	0,86
Copa	7-13.99	11	45,95	1,1
Copa	14-20,99	1	45,95	0,12
Copa	21-27,99	1	45,95	2,6
Copa	28-34,99	4	45,95	11,2
Rama	0-6,99	9	50,01	0,0315
Rama	7-13.99	11	50,01	0,0187
Rama	14-20,99	1	50,01	0,0011
Rama	21-27,99	1	50,01	0,0008
Rama	28-34,99	4	50,01	0,0028
Raíz	0-6,99	9	48,97	0,0306
Raíz	7-13.99	11	48,97	0,0187
Raíz	14-20,99	1	48,97	0,0011
Raíz	21-27,99	1	48,97	0,00083
Raíz	28-34,99	4	48,97	0,00272
TOTAL				23,51

Tabla 10. Carbono de tronco, copa, rama y raíz en árboles de tillo prieto de la Estación Pedro Franco Dávila del Cuadrante A2.

Muestra	clase de altura	N.º Individuo	Resultado (%)	Resultado (T)
Tronco	0-2,99	5	45,95	1,1
Tronco	3-5,99	7	45,95	2,1
Tronco	6-8,99	6	45,95	1,68
Tronco	9-11,99	1	45,95	0,36
Tronco	12-14,99	1	45,95	0,38
Copa	0-2,99	5	45,95	0,6
Copa	3-5,99	7	45,95	0,28
Copa	6-8,99	6	45,95	0,36
Copa	9-11,99	1	45,95	0,05
Copa	12-14,99	1	45,95	0,02
Rama	0-2,99	5	50,01	0,0415
Rama	3-5,99	7	50,01	3,5007
Rama	6-8,99	6	50,01	0,0162
Rama	9-11,99	1	50,01	0,0020
Rama	12-14,99	1	50,01	0,0016
Raíz	0-2,99	5	48,97	0,0405
Raíz	3-5,99	7	48,97	0,028
Raíz	6-8,99	6	48,97	0,0156
Raíz	9-11,99	1	48,97	0,0018
Raíz	12-14,99	1	48,97	0,0020
TOTAL				7,58

Volumen de ramas.

El volumen de ramas mediante los datos que se tomó en el campo del tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) donde se contó 15 ramas y una longitud total fue de 2.8 m y el diámetro de rama es de 1.5 cm dando como resultado:

$$Vr = (\pi) (r^2) (h)$$

$$Vr = (3.1416) (0,56) (2,08) = 3.65 \text{ m}^3.$$

Volumen comercial

Para el volumen comercial se tomó la medida del fuste del Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) que fue de 15m de altura comercial y diámetro 53 cm dando como resultado:

$$VC = H. AB \quad AB = \frac{D \cdot H}{\text{Area}}$$

El volumen comercial de un tillo prieto es de 4.8m³.

Cuadrante A1 (26) = 124.8 m Cuadrante A2 (20) = 96m³

Volumen de raíces

Para el volumen de raíces los datos obtenidos del campo que se tomó del Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) se contaron 15 raíces, diámetro de la raíz fue 1.0 cm y la longitud total fue 2,08 m dando como resultado:

$$Vr = (\pi) (r^2) (h)$$

$$Vr = (3.1416) (0,25) (2,08) = 1.63 \text{ m}^3$$

Hojarasca

La muestra de referencia 10 gramos de hojarasca que se envió analizar por el método de análisis elemental dio 39,18 % (c) que sería 3,92 T (c) por lo cual los 680 gramo de hojarasca recogido en el área de estudio daría 266,6 T (c).

Hojas

La muestra de 10 gramos de hojas vivas que se envió analizar por el método de análisis elemental dio 46,67 % (c) que sería 4,67 T (c). Por lo cual la muestra de los 1359 gramos de hojas tomada en el área de estudio daría como resultados 634,6 T (c).

Discusión

En Ecuador para el almacenamiento de carbono, se han realizados trabajos en distintas Provincias lo cual, Castillo (2014) registro 776 individuos con 56 especies donde se estimó el carbono total almacenado de raíz, tallo, ramas y hojas de las especies más abundante que fueron Fernán sanchez (*Triplaris cumingiana*) con 29.14 t/ha, Pacay blanco (*Cupania cinérea*) con 30.45 t/ha, Laurel (*Cordia alliodora*) con 19.95 t/ha, Tillo, clavo (*Pseudolmedia rigida*) con 6.31 t/ha, Membrillo (*Inga oerstediana*) con 18.85 t/ha, Guaba de mono (*Eschweilera integrifolia*) con 20.57 t/ha, Vara blanca (*Allophylus psilospermus*) con 4.8 t/ha. El presente estudio registro 255 individuo con 13 especies de las cuales la más representativa fue Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) con 4.8 T de carbono.

Arevalo (2015), Ramirez & Zamora (2019) utilizaron el método indirecto para el medir el almacenamiento de carbono en biomasa aérea, en el bosque natural Tinajillas-Limon Indanza y el Bosque Nativo de la Comunidad Rancho Chico, la cantidad de carbono reportado fue de 0,064 ton y 1 011.18 ton para cada sitio antes indicado los datos reportados difieren, aunque dichos autores utilizaron el mismo método.

Bajaña (2016) evaluó el almacenamiento de carbono en el Bosque Protector Pedro Franco Dávila, en un área natural y un área intervenida, reportando que la especie con mayor almacenamiento de carbono en un área natural fue Tutumbe (*Enterolobium cyclocarpum*) con 50,066 kg ha⁻¹ y en área intervenida fue Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*) con 29,219 kg ha⁻¹. El presente estudio se realizó dentro de unas áreas intervenida del mismo Bosque Protector siendo el Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) la especie más representativa de este tipo de área con un almacenamiento de carbono de 4,8 T (c); mientras que Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*) tuvo menor presencia en el área estudiada. Coincidiendo ambos estudios que la familia Morácea es la más representativa de ambos sectores,

Conclusiones

Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) es la especie más representativa del área de estudio, por tener un mayor número de individuos en cada cuadrante, sin llegar a ser dominante en el área muestral del bosque nativo.

La especie que presentó mayor abundancia en el área estudiada fue (*Sorocea sarcocarpa*) Tillo prieto con 46 individuos, mientras que la especie con menor abundancia fue (*Triplaris cumingiana*) Fernán Sánchez con 8 individuos en el área estudiada.

Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) en el área estudiada tiene un índice de captura de carbono en tronco 13,15 T(c); copa 17,2 T(c); rama 0,61 T(c); raíz 0,13 T(c), siendo su volumen comercial de 4.8m³.

La población de Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*), es joven debido a que sus individuos se encuentran el cuadrante A1 en clase de altura entre 7-13,99 y en el cuadrante A2 en clase de altura entre 6- 8,99.

Recomendaciones

- Fomentar estudios en la Estación Científica Pedro Franco Dávila con especies nativas para tener un registro de la cantidad de carbono que almacenan las diferentes especies nativas, a fin de comprender el rol de los árboles nativos.
- Realizar investigaciones de almacenamiento de carbono en la especie adulta del Tillo prieto (*Sorocea sarcocarpa*) para comparar los datos con una población juvenil.

Referencias

- Arevalo, C. (2015). *Medición de carbono del extracto arboreo en un área del bosque natural Tinajillas- Limon Indanza*. Cuenca.
- Bajaña, S. (2016). *ESTRUCTURA VEGETAL DEL BOSQUE Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CAPTACIÓN DE CARBONO EN LA RESERVA PEDRO FRANCO DAVILA JAUNECHÉ-ECUADOR. AÑO 2015. PROPUESTA DE OFERTA DE CARBONO*. . Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1667/browse?type=author&order=>.
- Brown, S., & Lugo, A. (1984). *Biomass and Carbon Content of Saplings in Puerto Rican Secondary Forests*. . Caribbean Journal of Science. 36(3): 346-350.
- Castillo, R. (2014). *Estimación del contenido de carbono en las especies arbóreas en el predio "El Prado" del sitio remolino para la conservación de bosques del cantón Santa Rosa* .
- FAO. (2006). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Los bosques y el cambio climático. La gestión forestal es fundamental para afrontar el cambio climático*. Disponible <http://WWW.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/in.html.dex>.
- Fernández, I., Delgado, M., Bellet, M., & García, E. (2011). *BOSQUE DEL MUNDO II*. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Francis, J. (2000). *Estimating Biomass and Carbon Content of Saplings in Puerto Rican Secondary Forests*. . Caribbean Journal of Science. 36(3): 346-350.
- Gifford, R. (2000). *Carbon contents of above-ground tissues of forest and woodland trees*. Australian Greenhouse Office: National Carbon Accounting System. Technical Report N° 22. Canberra. 17 pp.
- Google Earth. (2018). *Google Earth*. Obtenido de Recuperado el 23 de febrero de 2021, de <https://earth.google.com/web>
- IPCC. (1996). Mexico city: Intergovernmental Panel on Climate Change. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. .
- IPCC. (2000). *Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Special Report: Land Use, Land Use Change and Forestry*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Paris, Francia. s.e. p 2.
- Lee Pinto, G. (2002). *Estudio Preliminar para la Estimación de Biomasa y Cuantificación de Carbono para Vochysia guatemalensis, Calophyllum brasiliense y Cybistax donnellsmithii en bosques de Guatemala*. . Universidad de San Carlos de Guatemala.: Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala.
- Martel, C. (2012). *Cuantificación del Carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en CICRA"*, Madre de Dios . Peru.
- Ramírez, L., & Zamora, W. (2019). *Evaluación de la biomasa aérea y carbono fijo en el bosque nativo de la comunidad Rancho Chico, Sector Cochapamba-Imbabura*.
- Rugnitz, M., Chacon, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas Propiedades Rurales*. Lima, Peru: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazonica (IA) .
- Soares, C., & Oliveira, M. (2000). *Equações para estimar a quantidade de carbono parte aérea de árvores de eucalipto*. Minas Gerais: Arvore 26 (5):533-539.
- Veracruzana. (2009). *Evaluación del CO₂ almacenado en la vegetación del bosque nativo de Santiago Del Estero (Argentina): Bases para la conservación de bosque en regeneración*. Foresta Veracruzana, vol. 11, num.2, 2009,pp. 1-10.

Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 15(1)

Diversidad, abundancia y distribución de peces en el río Bulubulu / Diversity, abundance and distribution of fishes in Bulubulu river.....Holbach Núñez, Antonio Torres.....211
Variación espacio-temporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa en Salango, provincia de Manabí, Ecuador / Spatio-temporal variation in the macroalgae composition in the rocky intertidal zone in Salango, Manabi province, Ecuador.....César Sánchez, Genoveva Torres.....228
Estudio histológico comparativo de las partes vegetativas de los mangles <i>Hilairanthus germinans</i> (Acanthaceae), <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Conocarpus erectus</i> (Combretaceae), <i>Rhizophora mangle</i> y <i>R. racemosa</i> (Rhizophoraceae) / A comparative histological study of the vegetative parts of mangroves <i>Hilairanthus germinans</i> (Acanthaceae), <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Conocarpus erectus</i> (Combretaceae), <i>Rhizophora mangle</i> and <i>R. racemosa</i> (Rhizophoraceae).....Natalia Zapata, Mónica Armas.....236
Sistema arbolado nativo y carbono en el Cantón Palenque, Provincia de los Ríos, Ecuador / Native wooded system and carbon in the Canton Palenque, Province of los Ríos, Ecuador.....Patricia Mero, Carmita Bonifaz.....245
Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	