

Artículo original

## Fitoperifiton asociado con macrófitas en una ciénaga tropical de la cuenca del río Atrato, Quibdó (Chocó), Colombia

### Phytoperiphyton associated with macrophytes in a tropical floodplain of the Atrato River basin, Quibdó, Chocó-Colombia

● Zuleyma Mosquera-Murillo

Grupo de Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Chocó, Colombia

#### Resumen

El fitoperifiton es una de las comunidades más importantes en las ciénagas o lagos de planos inundables por el papel que desempeña en el flujo de la energía, el ciclo de nutrientes y la productividad primaria de estos importantes ecosistemas. En este estudio se analizó la comunidad fitoperifítica asociada con tres especies de macrófitas (*Ludwigia sedoides* Humb. and Bonpl. Hara 1953, *Nymphoides indica* L. Kuntze, 1891 y *Eichhornia azurea* Swartz. Kunth, 1843) en una ciénaga tropical de la cuenca del río Atrato, Chocó, Colombia. Los muestreos se realizaron entre mayo y agosto del 2014 mediante la recolección de muestras de fitoperifiton de raíces de tres ejemplares de cada especie estudiada. Simultáneamente se midieron algunas variables físicas y químicas del agua circundante. Se registró una densidad de 1.160,63 ind.cm<sup>-2</sup>, distribuida en 82 morfoespecies, 26 familias, 16 órdenes y ocho clases, siendo la clase Bacillariophyceae la más abundante en las tres especies estudiadas. *L. sedoides* presentó la mayor densidad y riqueza fitoperifítica asociada. Se registraron diferencias en los valores de densidad, riqueza, diversidad y dominancia del fitoperifiton de las macrófitas estudiadas ( $p < 0,05$ ). El análisis de agrupamiento basado en el índice de Jaccard indicó poca similitud en la composición de la comunidad perifítica entre las especies de macrófitas, así como un marcado efecto del periodo hidrológico. En el estudio se establece la línea de base para el conocimiento de las comunidades fitoperifíticas asociadas con macrófitas en las ciénagas de zonas bajas tropicales como las del río Atrato.

**Palabras clave:** Composición; Ciénagas; Perifiton; Plantas acuáticas; Río Atrato.

#### Abstract

The phytoperiphyton is one of the main communities in swamps or floodplains given its fundamental role in the energy flow, the nutrient cycle, and the primary productivity of these ecosystems. In the present study, I analyzed the phytoperiphytic community associated with three macrophyte species (*Ludwigia sedoides* Humb. and Bonpl. Hara 1953, *Nymphoides indica* L. Kuntze, 1891, and *Eichhornia azurea* Swartz. Kunth, 1843) in a tropical swamp in the Atrato River basin, Chocó-Colombia. I collected the phytoperiphyton samples between May and August 2014 from the roots of three specimens of each of the species under study, and I measured some physical and chemical variables of the surrounding water. I registered a density of 1160.63 ind.cm<sup>-2</sup> distributed in 82 morphospecies, 26 families, 16 orders, and eight classes, the Bacillariophyceae class being the most abundant. *L. sedoides* presented the highest density and associated phytoperiphytic richness. I found differences in the density, richness, diversity, and dominance of the phytoperiphyton among the studied macrophytes ( $p < 0.05$ ). Clustering analysis based on the Jaccard index indicated a low similarity in the composition of the phytoperiphytic community among the macrophyte species, as well as a marked effect of the hydrological period. The present study constitutes a baseline for the knowledge of the phytoperiphytic communities associated with macrophytes in the swamps of low tropical areas such as the Atrato River basin.

**Keywords:** Composition; Wetland; Periphyton; Aquatic plants; Atrato River.

**Citación:** Mosquera-Murillo Z.  
Fitoperifiton asociado con macrófitas en una ciénaga tropical de la cuenca del río Atrato, Quibdó (Chocó), Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 44(173):1060-1072, octubre-diciembre de 2020. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1207>

**Editor:** Gabriel Roldán

**\*Correspondencia:**  
Zuleyma Mosquera-Murillo;  
zuleymamosquera@gmail.com

**Recibido:** 10 de mayo de 2020

**Aceptado:** 14 de agosto de 2020

**Publicado:** 5 diciembre de 2020



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

## Introducción

Las ciénagas o lagos de planos inundables son ecosistemas de río con conexión directa o indirecta, temporal o permanente, con una columna de agua que no supera los 10 m (Ríos, *et al.*, 2008) y que, entre otras funciones, amortiguan los pulsos hidrológicos, influyen en los ciclos biogeoquímicos y constituyen hábitats de gran biodiversidad (Gopal, *et al.*, 2000; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En Colombia este tipo de ecosistemas acuáticos cubren un área aproximada de 5.622.750 ha, y la zona media y baja del río Atrato es uno de los más importantes por su gran diversidad biológica y sus características ecológicas y ambientales (Corpouraba & Codechoco, 2007).

La mayoría de estos ecosistemas son poco profundos y, generalmente, soportan extensos bancos de macrófitas acuáticas que constituyen centros importantes para el mantenimiento de la diversidad acuática (Mormul, *et al.*, 2010), especialmente el fitoperifiton, pues ofrecen una gran superficie para la colonización de esta comunidad adherente (Algarte, *et al.*, 2009); además, las características morfoanatómicas de las macrófitas aumentan la heterogeneidad espacial y pueden incidir en la composición, abundancia, biomasa y productividad de la comunidad fitoperifítica que, vive en las hojas, tallos y raíces sumergidas de estas plantas (Hinojosa-Garro, *et al.*, 2010).

El fitoperifiton es una biopelícula que se forma en sustratos sumergidos naturales y artificiales y está compuesta por algas y cianobacterias, bacterias, hongos y microinvertebrados, cuya compleja estructura también incluye mucílago y detritos orgánicos, así como un componente inorgánico proveniente de diferentes tipos de partículas (Hameed, 2003). Esta comunidad tiene un papel fundamental en el ciclo de nutrientes, el flujo de la energía y la productividad primaria de los sistemas de tipo cenagoso (Steinman, *et al.*, 2016).

En Colombia son varios los estudios que han contribuido al conocimiento de la composición, la estructura y la ecología de las comunidades fitoperifíticas asociadas con macrófitas en ciénagas, entre ellos cabe mencionar los de Montoya-Moreno & Aguirre-Ramírez (2008, 2009), Montoya-Moreno, *et al.* (2013), Osorio-Avila & Manjarrés-García (2015), De la Hoz-Barrientos & Osorio-Ávila (2016), Andramunio-Acero, *et al.* (2018), y Lozano-Peña, *et al.* (2019). En el departamento del Chocó los únicos trabajos publicados sobre esta comunidad son los de Maturana, *et al.* (2002), quienes estudiaron la estructura del fitoperifiton en *Nymphaea* sp., así como los de Abuhatab, *et al.* (2005) y Salas, *et al.* (2011) sobre el fitoperifiton asociado con sustratos naturales y artificiales en ríos.

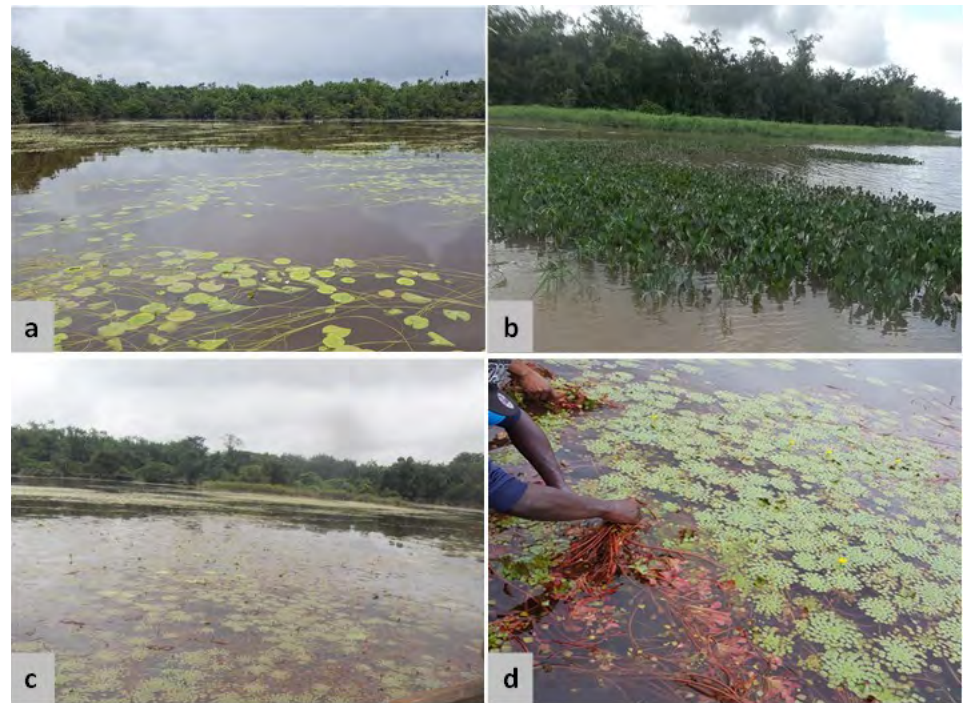
El objetivo del presente estudio fue estudiar la composición y la similitud taxonómica de las comunidades fitoperifíticas adheridas a tres especies de macrófitas arraigadas en hojas y tallos flotantes de diferente morfología en una ciénaga tropical de la cuenca del río Atrato (Chocó) Colombia.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Los muestreos se hicieron en la ciénaga Plaza Seca, ubicada en el corregimiento de Sanceno, Quibdó (Chocó), Colombia, entre los 5°45'15,5" N, 76°42'42,1" O a 43 m s.n.m., con una precipitación promedio anual de 8.000 mm, temperatura promedio de 26,8 °C y una humedad relativa del 85,7 %, correspondiente a una zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (Rangel-Ch, *et al.*, 2004). Plaza Seca es la ciénaga principal de un conjunto de ciénagas en racimo y está conectada directamente con el río Atrato por medio del caño Gerunguidó. Las macrófitas *Ludwigia sedoides* (Humb. and Bonpl.) Hara 1953, *Nymphoides indica* (L.) Kuntze 1891 y *Eichhornia azurea* (Schwartz) Kunth 1843 dominan la vegetación enraizada de hojas o tallos flotantes en esta ciénaga (Figura 1).

Según Correa (2014), los sistemas cenagosos de la cuenca del río Atrato se caracterizan por su alta transparencia, pH ácido, baja conductividad, y concentración de sólidos, oxígeno y nutrientes. Asimismo, tienen un desarrollo genérico de suelos arcillosos muy incipientes,



**Figura 1.** Especies de macrófitas dominantes en la ciénaga Plaza Seca: **a.** *Nymphoides indica*, **b.** *Eichhornia azurea*, **c-d.** *Ludwigia sedoides*

de la edad terciaria, que permanecen inundados casi todo el año y se localizan en las áreas más bajas (pendientes entre 1 y 8 %), poseen poca fertilidad, son químicamente ácidos, orgánicos, de textura generalmente fina, y se ven afectados por un acentuado intemperismo (Duque, 1990). La elevada precipitación, característica de esta región, induce procesos intensos de alteración y lavado, por lo cual los suelos son ácidos y pobres en nutrientes (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2006).

#### **Fase de campo**

Los muestreos se hicieron entre mayo y agosto del 2014 durante los periodos hidrológicos de aguas altas y aguas bajas de la zona. Las muestras se tomaron en cada periodo de los parches de las macrófitas dominantes en la ciénaga (*L. sedoides*, *N. indica* y *E. azurea*) en las raíces de tres ejemplares adultos de cada especie. Las raíces se cortaron con tijeras podadoras, se depositaron en bolsas plásticas a las que se les agregó agua de la ciénaga previamente filtrada y, posteriormente, se fijaron con formol al 4 %. En la zona superficial de la ciénaga se midió *in situ* el oxígeno disuelto, el pH, la temperatura del agua, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos con una sonda multiparamétrica HACH® HQ30d, en tanto que la transparencia se evaluó con un disco de Secchi. Se tomaron muestras de agua para el análisis de nutrientes (nitratos, nitritos, amonio y ortofosfatos) y de la alcalinidad total siguiendo las recomendaciones de la *American Public Health Association (APHA)*, la *American Water Works Association (AWWA)*, y la *Water Environment Federation (WEF)* (2012).

#### **Fase de laboratorio**

Las muestras se llevaron al laboratorio de limnología de la Universidad Tecnológica del Chocó donde se rasparon las raíces con un cepillo de cerdas suaves y el material fitoperifítico se almacenó en frascos plásticos de 50 ml. La identificación taxonómica se efectuó en un microscopio binocular considerando 50 campos y un objetivo de 40X según los trabajos de Parra, *et al.* (1983), Prescott, *et al.* (1983), Krammer & Lange-Bertalot (1991),

**Komárek & Anagnostidis (2005)**, y **Bicudo & Menezes (2006)** y bases de datos digitales (**Guiry & Guiry, 2019**). Se consideraron como individuos organismos unicelulares, colonias y filamentos, los cuales se cuantificaron mediante la fórmula propuesta por **Hauer & Lamberti (2007)**, donde la densidad se expresa como el número de individuos por área de superficie (cm<sup>2</sup>).

#### *Análisis de los datos*

Mediante estadística descriptiva se analizaron los datos físicos y químicos estableciendo el promedio, el rango y el coeficiente de variación de Pearson. En cuanto al fitoperifiton, se determinó la densidad relativa a partir del número de individuos recolectados de cada taxón y su relación con el número total de individuos registrados en cada especie de macrófita. La estructura de la comunidad fitoperifítica se evaluó usando los índices de diversidad (**Shannon & Wiener, 1949**) y de dominancia (**Simpson, 1949**), y la riqueza específica, empleando el programa Past 1.57 (**Hammer, et al., 2001**). Para evaluar las diferencias en la densidad, la diversidad, la dominancia y la riqueza entre las especies de macrófitas se empleó un ANOVA, y sus supuestos inherentes se verificaron como aceptables ( $p > 0,05$ ) usando el programa Minitab® (2014). La similitud en la composición de la comunidad perifítica de las macrófitas estudiadas se analizó con el índice de Jaccard (**Magurran, 1988**), con el cual se ejecutaron análisis de agrupamiento cualitativo utilizando datos sobre la presencia o ausencia de los taxones registrados en el estudio mediante el programa BioDiversity Pro (**McAleece, et al., 1997**).

## Resultados

### *Condiciones físicas y químicas de la ciénaga*

En la **tabla 1** se resume la expresión de las variables físicas y químicas evaluadas durante el tiempo de muestreo. Los valores de oxígeno disuelto fueron bajos ( $\bar{x}=5,69$  mg. l<sup>-1</sup>), el pH, ligeramente ácido ( $\bar{x}=5,40$  unidades), la temperatura del agua alta ( $\bar{x}= 27,91$  °C), lo mismo que la conductividad eléctrica ( $\bar{x}=192,17$  μS/cm) y la transparencia ( $\bar{x}=0,89$ m); mientras que la alcalinidad fue baja ( $\bar{x}= 13,33$  mg. l<sup>-1</sup>). En el caso de los nutrientes, sus concentraciones fueron inferiores a 0,5 mg. l<sup>-1</sup>, con excepción de los nitratos ( $\bar{x}=0,98$  mg. l<sup>-1</sup>), y el amonio no fue detectable (<0,010 mg. l<sup>-1</sup>). El oxígeno disuelto, la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, los sólidos, el pH, los nitritos, los nitratos y la transparencia se caracterizaron por su poca variación (<15 %), en tanto que la alcalinidad y los ortofosfatos fueron las variables con mayor variabilidad (>30 %) (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Valores promedios, rangos y coeficientes de variación de las variables fisicoquímicas

Variables	Unidades	Promedio	Rango	CV %
Oxígeno disuelto	mg. l <sup>-1</sup>	5,69	5,53 - 5,86	4,06
Temperatura del agua	°C	27,91	27,86 - 27,97	0,27
Conductividad eléctrica	μS/cm	192,17	200,33 - 188,00	9,31
Sólidos totales disueltos	mg. l <sup>-1</sup>	100,95	105,23 - 96,67	6,00
pH	Unidades	5,40	5,08 - 5,72	8,34
Alcalinidad total	mg. l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	13,33	16,66 - 10,0	35,33
Nitritos	mg. l <sup>-1</sup>	0,10	0,11 - 0,09	15,99
Nitratos	mg. l <sup>-1</sup>	0,98	0,91 - 1,05	9,88
Amonio	mg. l <sup>-1</sup>	<0,010		
Ortofosfatos	mg. l <sup>-1</sup>	0,10	0,12 - 0,07	37,27
Transparencia (Secchi)	m	0,89	1,03 - 0,76	15,64

### **Comunidad perifítica asociada con las macrófitas**

La composición de la comunidad perifítica en las tres macrófitas estudiadas totalizó 1,160,63 ind.cm<sup>-2</sup>, distribuidos en 82 morfoespecies pertenecientes a 26 familias, 16 órdenes y ocho clases (**Tabla 2**). La macrófita *L. sedoides* presentó la mayor densidad promedio, con 365,32 ind.cm<sup>-2</sup> (61,34 %), seguida de *E. azurea*, con un promedio de 136,5 ind.cm<sup>-2</sup> (23,44 %) y *N. indica*, con un promedio de 88,10 ind.cm<sup>-2</sup> (15,11 %). La prueba de varianza mostró diferencias significativas entre las distintas especies de macrófitas con respecto a la densidad de organismos perifíticos (ANOVA, F=16,67; p= 0,0237) (**Figura 2**).

La clase Bacillariophyceae fue la más abundante, con una densidad relativa promedio de 78,04 % (±10,69), seguida por Zygnemaphyceae, con 12,83 % (±8,22); las restantes clases presentaron densidades promedio inferiores al 10% (**Figura 3**). En términos de riqueza, la clase Zygnemaphyceae ocupó el primer lugar, con un porcentaje promedio de 48,82 % (±7,23) de las morfoespecies, seguida de Bacillariophyceae, con el 33,24 % (± 7,61) (**Tabla 2**).

*Navicula integra* (W. Smith) Ralfs, *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni, *Eunotia* sp1 Ehrenberg, *Asterionella formosa* Hassall, *Surirella tenera* W. Gregory y *Oedogonium* sp. Link ex Hirn se encontraron entre los organismos más frecuentes en la mayoría de las raíces de las macrófitas estudiadas, siendo las tres primeras las que presentaron las mayores abundancias relativas, con el 56,41 % del total de organismos perifíticos cuantificados (**Tabla 2**).

La riqueza específica fue mayor en *L. sedoides* (34 a 38 morfoespecies) y en *E. azurea* (27 a 40 morfoespecies) que en *N. indica* (17-22 morfoespecies); la diversidad fue también mayor en *L. sedoides* y *E. azurea* ( $H' = 2,52$  y  $2,42$  bits.ind<sup>-1</sup> respectivamente), en comparación con *N. indica* ( $H' = 1,61$  bits.ind<sup>-1</sup>); asimismo, el índice de dominancia registró valores entre 0,109 y 0,151 para *L. sedoides* y *E. azurea* y entre 0,253 y 0,325 para *N. indica*, es decir, hubo diferencias entre macrófitas (p<0,05). El análisis de varianza evidenció diferencias significativas en la riqueza, la diversidad y la dominancia de las distintas macrófitas estudiadas (p<0,05).

### **Similitud entre macrófitas**

21 morfoespecies fueron exclusivas de *L. sedoides* (25,60 %), 18 (21,95 %) de *E. azurea* y tres (3,65 %) de *N. indica*, en tanto que las tres macrófitas compartieron 19 morfoespecies (23,17 %) (**Tabla 2**). El análisis de agrupamiento basado en el índice de Jaccard arrojó un intervalo de similitud cercano al 27 % en la composición de la comunidad fitoperifítica presente en las tres macrófitas estudiadas, con la formación de dos grupos definidos según el periodo hidrológico, siendo el 67,07 % de las morfoespecies exclusivas de uno u otro. Tanto en aguas altas como bajas se evidenció una mayor afinidad entre *L. sedoides* y *E. azurea* (41,86 y 36,84 %, respectivamente), en tanto que entre *L. sedoides* y *N. indica* fue de alrededor de 28 % en ambos periodos (**Figura 4**).

## **Discusión**

### **Condiciones fisicoquímicas de la ciénaga**

La ciénaga Plaza Seca se caracterizó por presentar un comportamiento fisicoquímico típico de la zona tropical, con valores relativamente bajos de oxígeno disuelto (<6,0 mg. l<sup>-1</sup>), pH ligeramente ácido (<6 unidades) y alta temperatura del agua (>27 °C). Los valores de oxígeno fueron similares a los registrados por Mosquera-Murillo (2017, 2018) y Mosquera & Córdoba (2015) en ciénagas de la cuenca del Atrato. Los ecosistemas lenticos tropicales tienden a presentar valores relativamente bajos de oxígeno disuelto (Lewis, 2000; Roldán, 2003), lo que coincide con lo reportado en este estudio. Los valores de pH registrados pueden atribuirse en gran medida a la naturaleza de los suelos de la zona, los cuales son ácidos, como los de la mayoría del departamento del Chocó, y se encuentran dentro los límites aptos para la supervivencia de los organismos acuáticos (entre 4,5 y 8,5) (Roldán & Ramírez, 2008). En el caso de la temperatura del agua, los

**Tabla 2.** Composición taxonómica y densidad (ind. x cm<sup>2</sup>) de la comunidad fitoperifítica asociada con tres especies de macrófitas

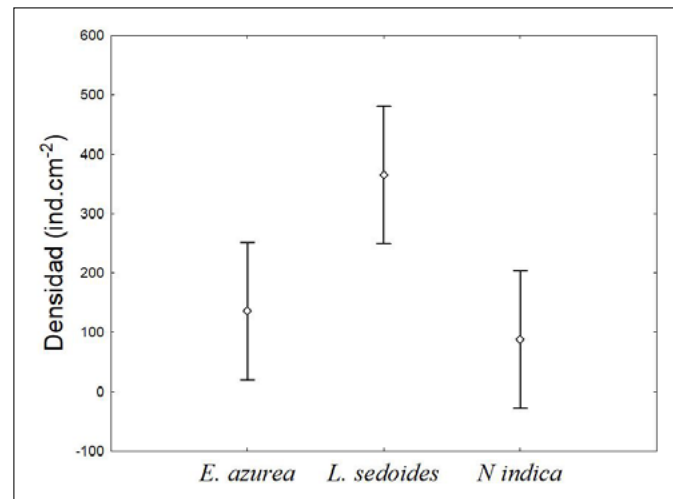
Clase	Orden	Morfoespecie	<i>L. sedoides</i>	<i>E. azurea</i>	<i>N. indica</i>
Chlorophyceae	Oedogoniales	<i>Oedogonium</i> sp	10,92	6,10	3,86
		<i>Bulbochaete</i> sp	4,27	0,00	0,00
	Sphaeropleales	<i>Ankistrodesmus</i> sp	0,24	0,00	0,00
		<i>Scenedesmus denticulatum</i>	0,00	0,14	0,00
Trebouxiophyceae	Chlorellales	<i>Oocystis</i> sp	4,94	4,27	0,00
Zygnemaphyceae	Desmidiales	<i>Cosmarium margaritatum</i>	5,82	3,27	0,04
		<i>Cosmarium circulare</i>	0,14	0,34	1,27
		<i>Cosmarium elegantissimum</i>	0,00	3,27	0,04
		<i>Cosmarium</i> sp1	3,27	0,00	0,00
		<i>Cosmarium</i> sp2	0,00	0,14	0,00
		<i>Pleurotaenium minutum</i>	0,44	0,14	0,00
		<i>Pleurotaenium nodulosum</i>	6,37	2,27	0,00
		<i>Pleurotaenium tabecula</i>	7,37	9,95	0,04
		<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>	0,00	0,00	0,04
		<i>Pleurotaenium</i> sp1	4,27	0,00	0,00
		<i>Staurastrum</i> sp1	0,14	0,04	0,00
		<i>Staurastrum hirsutum</i>	3,27	0,00	0,00
		<i>Staurastrum asteriodeum</i>	3,27	0,00	0,00
		<i>Staurastrum chaetoceras</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Staurastrum rotula</i>	0,14	0,00	0,00
		<i>Staurastrum arcuatum</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Staurastrum gladiusum</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Staurastrum dickeii</i>	2,27	0,14	0,00
		<i>Arthrodesmus convergens</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Sphaeroszma</i> sp	0,14	0,00	0,00
		<i>Stauroidesmus validus</i>	0,00	0,04	0,00
		<i>Euastrum</i> sp1	3,55	2,27	0,04
		<i>Euastrum</i> sp2	0,00	0,04	0,00
		<i>Xanthidium trilobum</i>	0,04	0,00	0,00
		<i>Xanthidium</i> sp	0,00	3,55	0,00
		<i>Micrasterias foliaceae</i>	15,46	0,00	0,00
		<i>Spondylosium</i> sp	3,27	0,00	1,27
		<i>Triploceras verticillatum</i>	0,04	0,00	0,00
		<i>Desmidium baileyi</i>	11,46	3,55	0,00
		<i>Actinotaenium</i> sp	6,37	0,14	1,27
		<i>Phymatodocis nordstedtiana</i>	1,27	0,00	0,00
		<i>Closterium peraserosum</i>	1,27	0,00	0,00
		<i>Closterium cetaceum</i>	4,59	0,14	1,27
		<i>Closterium acutum</i>	0,04	0,00	0,00
		<i>Closterium portianum</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Closterium closterioides</i>	0,00	0,00	0,04
<i>Closterium</i> sp1	7,64	2,35	0,04		
<i>Closterium</i> sp2	0,00	0,14	1,31		
<i>Gonatozigon pelosum</i>	28,38	5,10	0,00		
Zygnematales	<i>Spirogyra</i> sp	0,04	0,00	0,04	
	<i>Mougeotia</i> sp	15,46	0,14	0,00	
	<i>Netrium oblongum</i>	3,55	0,00	0,00	
	<i>Netrium digitus</i>	0,04	2,55	0,00	
	<i>Cylindrocystis</i> sp	2,27	0,00	0,00	

Bacillariophyceae	Thalassionematales	<i>Thalassionema</i> sp	36,93	35,12	14,01
	Cymbellales	<i>Cymbella lanceolata</i>	0,00	0,54	0,00
		<i>Gomphonema affine</i>	0,00	2,17	2,55
		<i>Gomphonema augur</i>	0,00	0,04	0,00
		<i>Gomphonema</i> sp1	0,00	0,39	0,00
	Eunotiales	<i>Eunotia</i> sp1	98,80	9,72	82,99
		<i>Eunotia</i> sp2	5,82	29,30	0,00
		<i>Actinella guianensis</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Actinella brasiliensis</i>	0,04	0,00	0,00
		<i>Actinella</i> sp1	0,00	0,14	0,00
	Surirellales	<i>Surirella tenera</i>	3,82	3,59	0,04
		<i>Surirella smithii</i>	0,14	0,00	0,00
		<i>Surirella linearis</i>	0,00	2,45	1,31
	Naviculales	<i>Frustulia rhomboides</i>	148,28	20,38	20,18
		<i>Pinnularia braunii</i>	3,82	0,14	0,00
		<i>Pinnularia formica</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Pinnularia</i> sp1	0,14	0,14	0,04
		<i>Stauroneis ancep</i>	0,00	0,14	0,00
		<i>Navicula integra</i>	153,57	49,48	29,49
		<i>Navicula</i> sp1	3,82	17,83	3,82
		<i>Navicula</i> sp2	7,64	24,20	3,82
		<i>Navicula</i> sp3	16,56	3,07	0,07
		<i>Navicula</i> sp4	0,00	7,64	0,00
Bacillariales	<i>Nitzschia sigma</i>	8,37	0,00	0,00	
Fragilariophyceae	Fragilariales	<i>Asterionella formosa</i>	36,6	7,59	2,59
		<i>Fragillaria</i> sp	0,00	0,00	3,82
		<i>Synedra</i> sp	0,00	3,27	0,00
Coscinodiscophyceae	Melosirales	<i>Melosira</i> sp	8,55	0,00	0,00
Euglenophyceae	Euglenales	<i>Euglena</i> sp	0,24	0,00	0,04
		<i>Strombomonas</i> sp	5,27	0,00	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i> sp	0,00	0,13	0,04
		<i>Formidium</i> sp	5,10	0,00	1,27
	Synechococcales	<i>Pseudanabaena</i> sp	6,37	3,53	0,04
Densidad total			711,95	272,00	176,69
Riqueza específica			55	54	31

valores superiores a 27 °C, como los de esta ciénaga, son característicos de los ambientes acuáticos ubicados en regiones tropicales, es decir, entre 25 y 30 °C (Asprilla, *et al.*, 1998; Roldán & Ramírez, 2008).

La alcalinidad, los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica estuvieron dentro de los rangos reportados para ecosistemas neotropicales colombianos, con valores menores a 100 mg. l<sup>-1</sup>, 1.500 µS/cm y 200 mg. l<sup>-1</sup>, respectivamente (Roldán & Ramírez, 2008). En cuanto a la transparencia, esta se encuentra dentro del rango establecido para las ciénagas en Colombia: entre 0,17 y 1,13 m (Arias, 1985).

En el caso de los nutrientes, los nitritos registraron bajas concentraciones (<0,10 mg. l<sup>-1</sup>), en tanto que los nitratos, ligeramente altas (>0,91 mg. l<sup>-1</sup>). Según Wetzel (2001), el nitrógeno en forma de nitritos tiende a ser bajo en los sistemas acuáticos, ya que se transforma rápidamente en nitratos dependiendo de la concentración de oxígeno en el agua, o en formas reducidas como el amonio si las condiciones son de anoxia. Los ortofosfatos presentaron promedios por encima de 0,05 mg. l<sup>-1</sup>, límite requerido para la vida acuática; la alta variación



**Figura 2.** Gráfico de medias para la densidad de organismos fitoperifíticos asociados con tres macrófitas en una ciénaga tropical en el río Atrato (Chocó-Colombia). Las barras verticales denotan un intervalo de confianza de 0,95.

que registra se explicaría por las variaciones en el caudal del río Atrato producto del régimen climático de la zona, el cual se caracteriza por grandes variaciones en la precipitación. En el caso del amonio, los valores estaban por debajo del rango de detección.

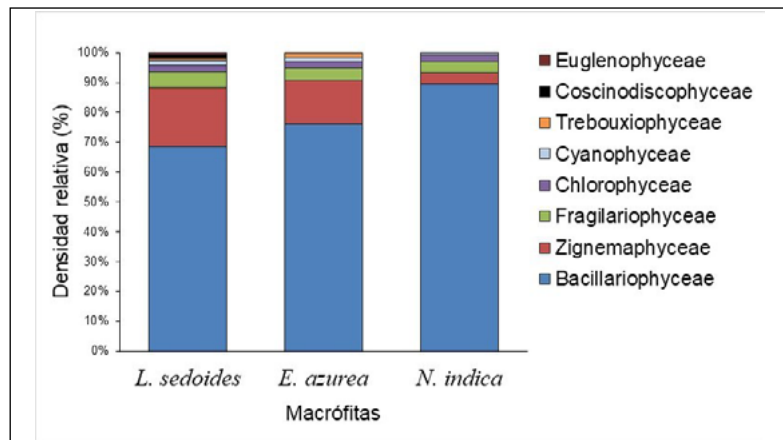
#### *Fitoperifiton asociado con las macrófitas*

La comunidad perifítica asociada con macrófitas que aquí se reporta es similar a la registrada en otros estudios realizados en ciénagas del país (Osorio-Ávila & Manjarrés-García, 2015; De la Hoz-Barrientos & Osorio-Avila, 2016; Lozano-Peña, *et al.*, 2019), en los que la clase Bacillariophyceae sobresale como la de mayor abundancia. Esta clase predomina en los ambientes de tipo léntico debido a su rapidez para ocupar sustratos en corto tiempo y a la presencia de estructuras especializadas que le permite a los individuos fijarse al sustrato con mayor facilidad y competir con ventaja frente a otros grupos (Fonseca & Rodríguez, 2005; De la Hoz-Barrientos & Osorio-Avila, 2016). La abundancia de la clase Bacillariophyceae se asocia, asimismo, a las condiciones fisicoquímicas de la ciénaga estudiada, ya que la dominancia de este grupo tanto en el fitoperifiton como en el fitoplancton, se relaciona con la baja concentración de nutrientes y el pH ácido (Rivera-Rondón, *et al.*, 2010), lo cual coincide con las condiciones registradas en la ciénaga Plaza Seca durante el tiempo de estudio.

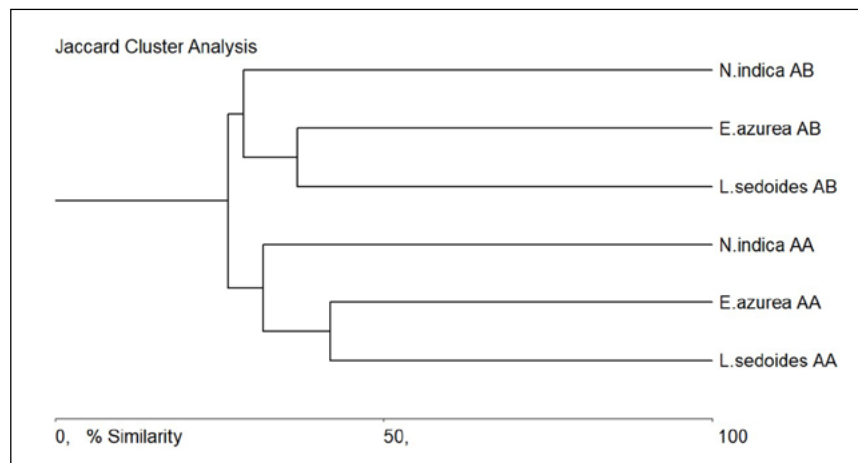
En términos de riqueza, la clase Zygnemaphyceae, principalmente las desmidiáceas, fue la mejor representada. Según Biolo, *et al.* (2015) y Algarte, *et al.* (2017), entre otros, la presencia de macrófitas contribuye considerablemente a aumentar la riqueza de este grupo, ya que estas plantas, además de servir de sustrato para la fijación, también liberan nutrientes como resultado de su proceso de envejecimiento y muerte, además de reducir la turbulencia del agua. Otras características que favorecieron la riqueza de las desmidiáceas en la ciénaga estudiada fueron los valores de temperatura registrados (>26 °C), la baja concentración de nutrientes, la baja conductividad eléctrica (<100µS/cm) y la prevalencia de un pH ligeramente ácido (Rivera-Rondón, *et al.*, 2010).

La densidad, la riqueza específica, la diversidad y la dominancia fueron significativamente diferentes entre las tres macrófitas bajo estudio, resultados similares a los reportados por Montoya-Moreno & Aguirre-Ramírez (2008) en la ciénaga de Patícos, sistema cenagoso de Ayapel, Colombia. Dichas diferencias pueden explicarse por el tipo de colonización de los organismos perifíticos debido a las diferencias en las características morfológicas de las macrófitas, de allí que la influencia de la morfología de las macrófitas





**Figura 3.** Contribución por clases de la comunidad fitoperifítica asociada con tres especies de macrófitas



**Figura 4.** Análisis de agrupamiento de las macrófitas estudiadas en la ciénaga de Plaza Seca (Chocó) con base en el índice de similitud de Jaccard

en los ensambles perifíticos haya sido reportada en diversos estudios que demuestran que esta comunidad es capaz de desarrollar preferencias de sustrato durante la etapa de colonización en las macrófitas (Schneck, *et al.*, 2011; Ferreiro, *et al.*, 2013). Es decir, la arquitectura morfológica de una macrófita en particular puede influir en el desarrollo y estructura del perifiton (Tunca, *et al.*, 2014; Grutters, *et al.*, 2017).

La macrófita *L. sedoides* presentó los valores más altos de densidad, riqueza específica y diversidad, lo que podría asociarse especialmente con su morfología de planta enraizada que desarrolla tallos sumergidos con hojas circulares flotantes en roseta de entre 5 y 20 cm de diámetro capaces de formar grandes bancos monoespecíficos (Moreira-Barbosa, *et al.*, 2014), por lo que ofrece una mayor superficie disponible para la colonización por parte de los organismos del fitoperifiton dada su abundancia en la zona de estudio. Según Pott & Pott (2000), *L. sedoides* crece naturalmente en llanuras de inundación y lagunas permanentes con poca profundidad y suelos limoso-arcillosos, es de amplia distribución natural y se encuentra comúnmente en el Neotrópico, aunque la información sobre su ecología es escasa en la literatura científica.

*Eichhornia azurea* ocupó el segundo lugar en términos de densidad, riqueza y diversidad de organismos fitoperifíticos. Esta macrófita presenta raíces insertadas en el tallo semejantes a largas cabelleras que se componen de múltiples ramificaciones capaces

de alcanzar longitudes de hasta un metro (**Padial, et al., 2009**), lo que le permite ser un sustrato adecuado para el desarrollo de una significativa comunidad fitoperifítica. En el caso de *N. indica*, los bajos valores de densidad, riqueza y diversidad se asociaron con su morfología, cuyo sistema radicular presenta un área más pequeña, principalmente en los nodos, además de poseer un tallo largo flotante, cilíndrico y sin ramificaciones que alcanza hasta los tres metros de largo (**Marwat, et al., 2009**)

Las diatomeas *N. integra*, *F. rhomboides* y *Eunotia* sp. se encontraron entre las especies de mayor abundancia en las tres macrófitas estudiadas. Los géneros *Frustulia* y *Navicula* producen matrices mucilaginosas que facilitan su fijación al sustrato y son a menudo dominantes en los ambientes acuáticos (**Werum & Lange-Bertalot, 2004; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2009**). *Eunotia*, por su parte, tiene la facilidad de colonizar los ambientes por su rápido crecimiento, desarrollándose en parches y aumentando progresivamente su densidad (**Ferrari, et al., 2007**). Asimismo, según diversos autores como **Lange-Bertalot (2001)** y **Sala, et al. (2002)**, los géneros *Frustulia* y *Eunotia* son abundantes en ambientes oligotróficos y con pH ácido, lo que coincide con las condiciones registradas en la ciénaga Plaza Seca durante el tiempo del estudio.

### **Similitud entre macrófitas**

En la comunidad fitoperifítica la similitud entre las macrófitas estudiadas fue poca, lo que estaría relacionado con su arquitectura y textura, como lo sugieren los trabajos de **Sultana, et al. (2010)** y **Thomaz & Cunha (2010)**, entre otros. Según **Rodrigues, et al. (2003)**, el desarrollo del fitoperifiton está intrínsecamente relacionado con las características estructurales del sustrato vivo al que esté adherida, de manera que la composición y riqueza del fitoperifiton pueden diferir entre diferentes especies de macrófitas acuáticas (**Wehr, et al., 2015**). Así, macrófitas con diferente estructura morfológica pueden albergar naturalmente diferentes comunidades perifíticas (**Cano, et al., 2016**).

Por otro lado, la marcada influencia del periodo hidrológico sobre la comunidad fitoperifítica estudiada es atribuible al significativo número de morfoespecies exclusivas de alguno de los periodos hidrológicos estudiados. El pulso hidrológico es uno de los factores que regula y estructura las comunidades fitoperifíticas (**Rodrigues & Bicudo, 2001; Pereira, et al., 2007; Agostinho, et al., 2009**), ya que genera variaciones en profundidad, lo que afecta directamente la irradiación subsuperficial y la abundancia de las plantas acuáticas en las que esta comunidad se desarrolla (**Goldsborough, et al., 2005**).

## **Conclusiones**

El presente estudio constituye una línea base para el conocimiento de las comunidades fito-perifíticas que se desarrollan en ciénagas de zonas bajas tropicales como las del río Atrato en el departamento del Chocó. Las diferencias en densidad, riqueza y composición del fitoperifiton en las macrófitas estudiadas corroboran los hallazgos de otros trabajos en relación con la importancia de la morfología en el desarrollo de esta comunidad biológica. Las diatomeas fueron el grupo dominante en las tres macrófitas debido a sus estructuras y adaptaciones para fijarse al sustrato (pedúnculos, ganchos, sustancias mucilaginosas).

## **Agradecimientos**

La autora agradece al Laboratorio de Limnología, a la Vicerrectoría de Investigaciones y al Centro de Investigación en Biodiversidad y Hábitat “CEIBHA” de la Universidad Tecnológica del Chocó, por su apoyo y colaboración para las salidas de campo y el trabajo de laboratorio, así como a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron a mejorar la versión final del manuscrito.

## **Conflicto de intereses**

La autora declara que no existen conflictos de intereses que pongan en riesgo la validez de los resultados presentados.

## Referencias

- Abuhatab, Y. A., Geovo, S., Asprilla, S.** (2005). Incidencia de las variaciones fisicoquímicas del agua sobre la colonización del fitoperifiton en un sustrato artificial en la quebrada La Francisca, Quibdó, Chocó - Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*. **23** (1): 26-33.
- Agostinho, A.A., Bonecker, C.C., Gomes, L.C.** (2009). Effects of water quantity on connectivity: the case of the upper Paraná River floodplain. *Ecohydrology & Hydrobiology*. **1**: 99-113.
- Algarte, V.M., Siqueira, N.S., Murakami, E.A., Rodrigues, L.** (2009). Effects of hydrological regime and connectivity on the interannual variation in taxonomic similarity of periphytic algae. *Brazilian Journal of Biology*. **62** (2 suppl.): 606-616.
- Algarte, V.M., Siqueira, N.S., Ruwer, D.T., Osorio, N.C., Rodrigues, L.** (2017). Richness of periphytic algae and its relationship with hydrological attributes. *Brazilian Journal of Botany*. **28**: 1-6.
- Andramunio-Acero, C.P., Caraballo-Gracia, P.R., Duque-Escobar, S.R., Solari, L.C.** (2018). Cambios en la estructura de la comunidad perifítica en el sistema de lagos de Yahuaraca, Amazonía colombiana. *Actual. Biol.* **40** (109): 139-161.
- APHA, AWWA, WEF.** (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington, USA: American Public Health Association. 1360 p.
- Arias, P.A.** (1985). Las ciénagas en Colombia. *Divulgación Pesquera*. **22** (3-5): 38-70.
- Asprilla, S., Ramírez, J.J., Roldán, G.** (1998). Caracterización limnológica preliminar de la ciénaga de Jotaudó (Chocó, Colombia). *Revista Actualidades Biológicas*. **20** (69): 87-107.
- Bicudo, E.M., Menezes, M.** (2006). Gêneros de algas de águas continentais do Brasil (Chave de identificação e descrições). 2 ed. São Carlos, Brasil: RiMa Editora. 502 p.
- Biolo, S., Algarte, V.M., Rodrigues, L.** (2015). Composition and taxonomic similarity of the periphytic algal community in different natural substrates in a Neotropical floodplain, Brazil. *African Journal of Plant Science*. **9** (1): 17-22.
- Cano, M.G., Casco, M.A., Claps, M.C.** (2016). Epipelon dynamics in a shallow lake through a turbid-and a clearwater regime. *Journal of limnology*. **75** (2): 355-377.
- Correa, J.D.** (2014). Calidad del agua en humedales del plano de inundación del río Atrato. *Revista Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*. **1** (1): 93-109.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá y Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó.** (2007). Plan de manejo integrado de los humedales del bajo y medio Atrato. Apartadó, Colombia: Corpouraba. 186 p.
- De la Hoz-Barrientos, L.A. & Osorio-Ávila, F.J.** (2016). Ensamble ficoperifítico asociado a macrófitas en una ciénaga tropical colombiana. *Revista Intropica*, **11**: 127-135.
- Duque, H.** (1990). Estratigrafía, paleoceanografía y paleobiogeografía de la cuenca del Atrato y la evolución del Istmo de Panamá. *Boletín Geológico*. **31** (1): 4-45.
- Ferrari, F., Procopiak, L.K., Alencar, Y. B., Ludwig T.A.V.** (2007). Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. *Acta Amazônica*. **37**: 1-16.
- Ferreiro, N., Giorgi, A., Feijoo, C.** (2013). Effects of macrophyte architecture and leaf shape complexity on structural parameters of the epiphytic algal community in a Pampean stream. *Aquatic Ecology*. **47**: 389-401.
- Fonseca, I.A. & Rodríguez, L.** (2005). Comunidade de algas perifíticas em distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum*. **27** (1): 21-28.
- Goldsborough, L., McDougal, R., North, A., Azim, M., Verdegem, M., van Dam, A., Beveridge, M.** (2005). Periphyton in freshwater lakes and wetlands. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C., van Dam, A.A., Beveridge, M.C. (Eds.). *Periphyton: Ecology, Exploitation, and Management*. Oxfordshire, UK: CABI Publishing. 319p.
- Gopal, B., Junk, W.J., Davis, J.A.** (2000). Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation, Volume 1. Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands. 353p.
- Grutters, B., Gross, E.M., Donk, E., Bakker, E.S.** (2017). Periphyton density is similar on native and non-native plant species. *Freshwater Biology*. **62**: 906-915.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** (2019). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Fecha de consulta: entre julio y diciembre de 2019. Disponible en: <http://www.algaebase.org>
- Hameed, H.A.** (2003). The colonization of periphytic diatom species on artificial substrates in the Ashar Canal, Basrah, Iraq. *Limnología*. **33**: 54-61.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D.** (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. **4**: 1-9.

- Hauer, F.R. & Lamberti, G.A.** (Eds). (2007). *Methods in stream ecology*. 2nd ed. San Diego, USA: Academic Press. 895 p.
- Hinojosa-Garro, D., Mason, C.F., Underwood, G.J.C.** (2010). Influence of macrophyte spatial architecture on periphyton and macroinvertebrate community structure in shallow water bodies under contrasting land management. *Fundamental and Applied Limnology*. **177**: 19-36.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.** (2006). *Chocó: Características geográficas*. Bogotá: Colombia. 234 p.
- Komárek, J., Anagnostidis, K.** (2005). Cyanophyta part 2: Oscillatoriales. In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., Schagerl, M. (ed.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/2*. München, Germany: Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** (1991). 2/3 Bacillariophyceae. 2. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H., Mollenhauer, D. (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag. 576p.
- Lange-Bertalot, H.** (2001). *Navicula sensu stricto*, 10 genera separated from *Navicula sensu lato*, *Frustulia*. *Diatoms of Europe*. **2**: 1-526.
- Lewis, M.** (2000). Basis for the protection and management of tropical lakes. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. **5**: 35-48.
- Lozano-Peña, S., Vásquez-Moscoso, C.A., Rivera-Rondón, C.A., Zapata, A.M., Ortiz-Moreno, M.L.** (2019). Efecto de la vegetación riparia sobre el fitoperifiton de humedales en la Orinoquía colombiana. *Acta Biológica Colombiana*. **24** (1): 67-85.
- Magurran, A.E.** (1998). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Marwat, S.K., Khan, M.A., Ahmad, M., Zafar, M.** (2009). *Nymphoides indica* (L.) Kuntze, a new record for Pakistan. *Pak. J. Bot.* **41** (6): 2657-2660.
- Maturana, M., Cuesta, J., Asprilla, S.** (2002). Estructura de la comunidad de ficoperifiton en *Nymphoides* sp. en la ciénaga Plaza Seca, corregimiento de Sanceno, municipio de Quibdó - Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*. **8**: 21-27.
- McAleece, N., Lambshead, P.J.D., Patterson, G.L.J., Gage, J.D.** (1997). *BioDiversity Pro*. A program for analyzing ecological data. Natural History Museum, London, UK, and the Scottish Association for Marine Science, Oban, Argyll, Scotland, UK. [Beta version].
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H.** (2009). Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia diatomologica*. **18**: 1-877.
- Millennium Ecosystem Assessment.** (2005). *Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water*. Fecha de consulta: 11 de junio de 2020. Disponible en: <http://www.unep.org/maweb/documents/document.358.aspx.pdf>
- Minitab INC 17.1.0.** (2014). *Minitab Statistical Software*. State College, Pennsylvania, USA: Minitab Inc.
- Montoya-Moreno, Y. & Aguirre-Ramírez, N.** (2008). Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical colombiana. *Hidrobiología*. **18** (3): 189-198.
- Montoya-Moreno, Y. & Aguirre-Ramírez, N.** (2009). Dinámica del perifiton asociado con macrófitas en la ciénaga de Escobillitas y su relación con el pulso de inundación. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó*. **28** (2): 196-202.
- Montoya-Moreno, Y., Aguirre, N., Cano, M.G.** (2013). Estructura del epifiton de diferentes macrófitas acuáticas de un sistema de planos inundables tropicales. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. **32** (2): 85-105.
- Moreira-Barbosa, M.V., Taeco-Kobayashi, J., Mayer-Pelicice, F.** (2014). Morphometric and biotic variables as potential predictors of *Ludwigia sedoides* (Humb. & Bonpl.) Hara in a large Amazonian reservoir. *Ann. Limnol. Int. J. Lim.* **50**: 163-171.
- Mormul, R.P., Thomaz, S.M., Silveira, M.J., Rodrigues, L.** (2010). Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi* American Malacol. Bull. **28**: 127-133.
- Mosquera-Murillo, Z.** (2017). Insectos acuáticos asociados a raíces de *Eichhornia crassipes* (MART) Solms en ciénagas del río Atrato, Chocó-Colombia. *Revista de Ciencias Univalle*. **21** (2): 29-44.
- Mosquera-Murillo, Z.** (2018). Insectos acuáticos asociados a *Eichhornia azurea* (Schwartz) Kunth en ciénagas del río Atrato, Chocó-Colombia. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* **10** (1): 15-24.
- Mosquera-Murillo, Z., Córdoba Argón, K. E.** (2015). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en tres ciénagas de la cuenca media del río Atrato, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. **34** (1): 22-35.

- Osorio-Ávila, F. & Manjarrés-García, G.** (2015). Ficoperifiton asociado a macrófitas en la ciénaga Cerro de San Antonio, Magdalena-Colombia. *Intropica*. **10**: 74-83.
- Padial, A.A., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A.** (2009). Effects of structural heterogeneity provided by the floating macrophytes *Eichhornia azurea* on the predation efficiency and habitat use of small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaefilomenae*. *Hydrobiologia*. **624**: 161-170.
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V.** (1983). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Concepción, Chile: Editorial de la Universidad de Concepción. 353 p.
- Pereira, S.R.S., Bonecker, C.C., Rodrigues, L.** (2007). Influence of water level on periphytic meiofaunal abundance in six lagoons of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. **19**: 273-283.
- Pott, V.J., Pott, A.** (2000). Plantas acuáticas do Pantanal. 1ed. Brasília, Brasil: EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia. 353 p.
- Prescott, G.W.** (1983). How to know the freshwater algae, third ed., Iowa, USA: W.C. Brown. 293 p.
- Rangel-Ch, J.O., Saba, Y., Alberico, M., Rangel-Ch, J.O.** (2004). Colombia Diversidad Biótica IV: El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica. Bogotá. Colombia: Ed. Universidad Nacional de Colombia. 996 p.
- Ríos, L., Palacios, J., Aguirre, N.** (2008). Variabilidad fisicoquímica del agua en la ciénaga El Eneal, Reserva Natural Sanguaré, municipio de San Onofre-Sucre, Colombia. *Revista de la Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*. **46** (1): 39-45.
- Rivera-Rondón, C.A., Zapata, A.M., Pérez, D., Morales, Y., Ovalle, H., Álvarez, J.P.** (2010). Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*. **15** (1): 1-16.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D.C.** (2001). Similarity among periphyton algal communities in a lentic lotic gradient of the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Rev. bras. Bot.* **24**: 235-248.
- Roldán, G.** (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Antioquia, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 170 p.
- Roldán, G. & Ramírez, J.J.** (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical. 2ª ed. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia-ACCEFYN-Universidad Católica de Oriente. 442 p.
- Sala, E., Duque, R., Núñez, M., Lamaro, A.** (2002). Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazon.* **32** (4): 589-589.
- Salas, Y., Geovo, S., Córdoba, K., Asprilla, S.** (2011). Caracterización de las comunidades perifíticas y de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Pacurita, corregimiento de Pacurita, Quibdó, Chocó-Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*. **1** (2): 98-104.
- Schneck, F., Schwarzbald, A., Melo, A.S.** (2011). Substrate roughness affects stream benthic algal diversity, assemblage composition, and nestedness. *Journal of the North American Benthological Society*. **30**: 1049-1056.
- Shannon, C. E. & Wiener, W.** (1949). The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, USA. 117 p.
- Simpson, E. H.** (1949). Measurement of diversity. *Nature*. **163**: 689-698.
- Statgraphics Centurion XV.** (2006). Programa de ordenador. Versión Centurion XV. E.U.A: Stat Point, Inc.
- Steinman, A., Abdimalik, M., Ogdahl, M.E., Oudsema, M.** (2016). Understanding planktonic vs. benthic algal response to manipulation of nutrients and light in a eutrophic lake. *Lake and Reservoir Management*. **32** (4): 402-409.
- Sultana, M., Asaeda, T., Azim, M.E., Fujino, T.** (2010). Morphological responses of a submerged macrophyte to epiphyton. *Aquat. Ecol.* **44**: 73-81.
- Thomaz, S.M. & Cunha, E.R.** (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblage composition and biodiversity. *Acta Limnol. Bras.* **22**: 218-236.
- Tunca, H., Sevindik, T.O., Bal, D.N., Arabaci, S.** (2014). Community structure of epiphytic algae on three different macrophytes at Acarlar floodplain forest (northern Turkey). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. **32**: 845-857.
- Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kocielek, J.P.** (eds) (2015). Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Amsterdam, The Netherlands: Academic Press. 1050 p.
- Werum, M. & Lange-Bertalot, H.** (2004). Diatoms in springs. *Iconographia diatomologica*. **13**: 1-417.
- Wetzel, R.G.** (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd ed. San Diego (CA), USA: Academic Press. 1006 p.