Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia)

Julio C. Nuñez y Pedro J. Fragoso-Castilla*

Universidad Popular del Cesar, Grupo de Investigación Parasitología Agroecología Milenio, Valledupar, Cesar – Colombia. (e-mail: pedrofragozo@unicesar.edu.co; julio.nunez2901@hotmail.com).

* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Ene. 30, 2019; Aceptado Mar. 22, 2019; Versión final Abr. 26, 2019, Publicado Oct. 2019

Resumen

Se determinó la calidad del agua en la Ciénaga Mata de Palma, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando el índice BMWP/Col, índices ecológicos de Shannon, Simpson, Margalef y Pielou, con el objetivo de evaluar la calidad del agua y poder implementar acciones de preservación, monitoreo y gestión del ecosistema acuático. En total se identificaron 722 organismos asociados a macrofitas, 439 en periodo de lluvias y 283 en periodo seco, pertenecientes a 2 phylum, 5 clases, 11 órdenes y 20 familias; para los organismos en sedimentos se identificaron 148 organismos, 74 en periodo de lluvias y 74 en periodo de seco, pertenecientes a 3 phylum, 3 clases, 4 órdenes y 8 familias. El valor promedio del índice BMWP/Col para los macroinvertebrados asociados a macrofitas en periodo de lluvias define la calidad del agua de todas las estaciones como aguas ligeramente contaminadas y para el periodo seco como aguas muy contaminadas.

Palabras clave: bioindicadores; contaminación; macroinvertebrados acuáticos; calidad del agua; BMWP/Col

Use of Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Pollution in the Mata de Palma Swamp (Colombia)

Abstract

Water quality was determined in the Mata de Palma Swamp, using aquatic macroinvertebrates as bioindicators and applying the BMWP/Col index, ecological indexes of Shannon, Simpson, Margalef and Pielou, with the objective of evaluating water quality and being able to implement actions of preservation, monitoring and management of the aquatic ecosystem. In total, 722 organisms associated with macrophytes were identified, 439 in the rainy season and 283 in the dry period, belonging to 2 phyla, 5 classes, 11 orders and 20 families; for organisms in sediments, 148 organisms were identified, 74 in the rainy season and 74 in the dry period, belonging to 3 phyla, 3 classes, 4 orders and 8 families. The average value of the BMWP/Col index for macroinvertebrates associated with macrophytes in the rainy season defines the water quality of all the stations as slightly polluted waters and for the dry period as highly polluted waters.

Keywords: bioindicators, pollution, aquatic macroinvertebrates, water quality, BMWP/ Col

INTRODUCCION

Actividades como la agricultura, la ganadería y la minería a cielo abierto ejercen un impacto negativo sobre el medio ambiente, principalmente sobre los sistemas acuíferos Chará-Serna et al., (2015); Rivera-Usme et al., (2015). Las mencionadas actividades son la base económica en los municipios de Becerril, La Jagua y El Paso (corregimiento la Loma, en Colombia) Madera et al., (2016). La ciénaga Mata de Palma es un complejo cenagoso de suma importancia ecológica, brindando beneficios directos relacionados con la regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos. Ofrece una oferta ambiental y una alta productividad biológica para la fauna silvestre. Sirve como refugio para numerosos animales nativos y migratorios, especialmente las aves. En las variadas funciones ecológicas que se le atribuyen a la ciénaga, se debe resaltar la regulación del ciclo hidrológico y la oferta de las poblaciones de peces, que son la base de la economía de buena parte de los pobladores del corregimiento de la Loma de Potrerillo, en Colombia.

En la evaluación de la calidad del agua se han utilizado diferentes organismos, entre los cuales los macroinvertebrados han sido los más recomendados por Bonada et al., (2006), Prat et al., (2009), puesto que pueden indicar características específicas, no solo de las condiciones actuales, sino también de las que se han presentado con anterioridad (meses o años atrás) en el medio donde se encuentran. Mediante la valoración de la comunidad de macroinvertebrados se pueden deducir aspectos del ecosistema acuático tales como los niveles de oxígeno y el grado de contaminación orgánica (Roldán, 2003), así como el estado de eutrofización del sistema Smith et al., (2007). Además, estos organismos permiten conocer, con aceptable precisión, el grado de contaminación de los acuíferos, Martínez-Rodríguez y Pinilla, (2014).

En Colombia existe un número apreciable de estudios sobre macroinvertebrados, especialmente en sistemas lóticos. En ambientes lénticos las investigaciones han sido considerablemente menores; tal es el caso de las ciénagas, de las cuales se dispone de un escaso número de estudios Montoya y Aguirre, (2009), se destacan las investigaciones realizadas por Manjarréz y Hernández et al., (2004); Deluque et al., (2006); Quiróz et al., (2010); Rivera et al., (2013). En el departamento del Cesar, son escasos los estudios que ofrezcan conocimientos sobre las comunidades de macroinvertebrados presentes en sistemas cenagosos, sobresaliendo los realizados por Rodríguez, (2008), compararon bentos y los organismos asociados con macrofitas de las ciénagas Mata de Palma y La Pachita, reportando mayor abundancia de organismos en las macrofitas que en el fondo; Martínez-Rodríguez y Pinilla, (2014), evaluaron la calidad del agua de las ciénagas Zapatosa, Mata de Palma y La Pachita, mediante la caracterización de la comunidad de invertebrados acuáticos asociados a *Eichhornia crassipes*; Hernández et al.; (2016), caracterizo la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga de Sahaya y los caños Hato Viejo, Sucio y la quebrada Las Damas en el municipio de Pelaya.

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad del agua de la ciénaga Mata de Palma utilizando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, aplicando el índice biótico BMWP adaptado para Colombia por Roldan, (2003), además de los índices bióticos de riqueza de Margalef, diversidad de Shannon, dominancia y uniformidad de Pielou, a fin de implementar acciones de preservación, monitoreo y gestión de este importante ecosistema acuático.

MATERIALES Y METODOS

Se describe el área de estudio, luego se describen las estaciones de muestreo y la recolección de organismos, terminando con una explicación sobre el análisis de variables.

Área de estudio

La ciénaga Mata de Palma se encuentra ubicada en el municipio de El Paso, corregimiento de Potrerillo, departamento del Cesar y hace parte del sistema de regulación hídrica del Río Cesar a una altura entre los 40 y 50 m.s.n.m. La configuración geométrica de la ciénaga es alargada, y no tiene cambios batimétricos importantes, se caracteriza por presentar vegetación flotante como buchón, herbacea y arbustiva predominantemente leguminosas y poaceas Rangel, (2008). Este espejo de agua hace parte de un complejo de ciénagas cuya extensión varía de 30000 a 50000 ha dependiendo del período climático IGAC, (1996).

La ciénaga se nutre directamente de los arroyos Garrapata y Paraluz que drenan hacia los sectores sur y norte respectivamente en los extremos del espejo de agua.

El régimen pluviométrico general varía de tipo unimodal biestacional a bimodal tetraestacional diferenciándose dos unidades climáticas que comprenden montos de precipitación entre 1000 y 1800 mm siendo el mes de octubre el más lluvioso Rangel, (2008).

La ciénaga Mata de Palma, está siendo afectada por diferentes actividades, especialmente de origen antropogénico, se realizan actividades productivas como la pesca, la agricultura y la ganadería intensiva que han causado impactos ambientales que alteran la función de este cuerpo de agua, este humedal presenta agotamiento y degradación debida a la deforestación, la modificación de los regímenes hidráulicos y del uso de métodos inadecuados de explotación de peces, que agotan los recursos naturales y causan pobreza en la población. Además, este ecosistema ha disminuido sus espejos de agua por procesos naturales o actividades humanas Avila y Estupiñan, (2009).

Selección de estaciones de muestreo

Se establecieron cinco estaciones de muestreo a lo largo y ancho de la Ciénaga Mata de Palma los cuales fueron seleccionadas en la zona limnética (aguas abiertas) (Figura 1) y georreferenciados (Tabla 1). Estación (E1) ubicada en el sector influenciado por el Arroyo Paraluz, Estación (E2), ubicada en el sector noreste, Estación (E3), ubicado en el sector centro, Estación (E4), ubicada en el sector sureste y Estación (E5) ubicada en el sector sur influenciado por el Arroyo Garrapata.

Se realizaron dos salidas de campo para cubrir las dos épocas hidrológicas contrastantes de la región. De esta manera, se realizó un muestreo en periodo de lluvias (octubre de 2015) y uno en periodo seco (enero de 2016). Se colectaron macroinvertebrados asociados a las raíces de Jacinto de agua, conocido como taruya o buchón (*Eichhornia crassipes*) y en sedimentos, tomando tres replicas por cada punto de muestreo, obteniendo la mayor cantidad de macroinvertebrados posible en cada estación.

Fig. 1: Ubicación de las estaciones de muestreo.

Muestreo e identificación de macroinvertebrados

Las muestras de macroinvertebrados asociados a macrofitas fueron colectadas mediante una Red D-Net de 500 μm de ojo de malla para bentos de 0,09 m^2 (área muestreada 0,27 m^2) la red fue depositada sobre las raíces de las macrofitas acuáticas, una vez hecho el arrastre con la red se depositó la muestra en una bandeja plástica blanca y se separaron los organismos; para los macroinvertebrados en sedimentos se utilizó una draga tipo Ekman de 0,09 m^2 de mordida. El volumen del dragado fue aproximadamente de 2 kg

para cada estación, las muestras fueron depositadas en bolsas de seguridad, eliminando el exceso de agua, luego fueron rotuladas y fijadas con formalina al 4% y coloreadas con el colorante Rosa de bengala para facilitar su identificación (ICONTEC, 1995).

Tabla 1: Localización geográfica y breve descripción de los sitios muestreados.

Código Estación	Coordenadas	Descripción
E1	N: 9°34'22.33" - W: 73°38'17.31"	Sector norte de la ciénaga, desembocadura del Arroyo Paraluz el cual es receptor de aguas residuales domésticas, abundante presencia de macrofitas acuáticas y presencia de ganadería a los alrededores.
E2	N: 9°33'50.37" - W: 73°38'45.60"	Sector noreste, se observa un tapón de macrofitas acuáticas flotantes y enraizadas que bordean la ciénaga, presencia de ganadería a los alrededores.
E3	N: 9°33'24.11" - W: 73°38'50.25"	Sector central aguas abiertas, presencia de tapetes de macrofitas acuáticas flotantes ((<i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Eichhornia azurea</i>))
E4	N: 9°32'38.51" - W: 73°38'09.42"	Sector sureste, se observa un tapón de macrofitas acuáticas flotantes y enraizadas que bordean la ciénaga, presencia de ganadería y agricultura a los alrededores.
E5	N: 9°32'13.61" - W: 73°38'16.85"	Sector sur, desembocadura del Arroyo Garrapata, abundante presencia de macrofitas acuáticas y presencia de ganadería a los alrededores.

Análisis de variables

Los datos de los organismos identificados fueron agrupados por época (seca y lluviosa), por lo que se obtuvo un número de familias para cada estación de muestreo. La evaluación de la calidad del agua en los puntos estudiados se realizó a través del cálculo del índice biológico BMWP/Col. En el cual se ordenaron las familias de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia Roldan, (2003). Su fórmula es la siguiente:

$$BMWP = T1+T2+T3+...Tn \quad (1)$$

Donde, T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, resultando una sumatoria de todas las familias que indican los niveles de calidad de agua. Para estimar la diversidad de los macroinvertebrados asociados a todos los sustratos, se calcularon índices de dominancia, riqueza de Margalef, diversidad de Shannon-Wiener y Uniformidad de Pielou. Para comparar la composición de macroinvertebrados en las cinco estaciones de muestreo se realizó un análisis de Clúster, para el que se utilizó el índice de similitud de Bray y Curtis (1957). Todos los análisis se realizaron con los programas Past V 3.20 y BioDiversity pro V 2.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan en tres subsecciones: i) caracterización biológica; ii) puntaje BMWP/Co iii) Índices ecológicos.

Caracterización Biológica

Como se observa en la tabla 1, se identificaron 722 organismos asociados a macrofitas (total sin considerar el área de muestreo), 439 en periodo de lluvias y 283 en periodo de seco, estos organismos pertenecían a 2 phylum, 5 clases, 11 órdenes y 20 familias. La clase Insecta estuvo representada por las abundancias más altas con cinco órdenes importantes, de los cuales los Hemíptera tuvieron el mayor número de taxones, con 4 familias, seguida del orden Coleóptera y Díptera con 3 familias respectivamente, cabe señalar que Weirauch y Schuh (2011), describieron que los hemípteros están entre los órdenes de insectos de mayor riqueza.

Como se muestra en la figura 2, las familias más abundantes a lo largo de todo el estudio fueron Gerridae, Veliidae y Notonectidae respectivamente. La familia Gerridae además de ser la de mayor abundancia, fue la más común estando presente en todas las estaciones de muestreo. Esta familia, al igual que Veliidae se caracterizan por la capacidad de caminar o permanecer sobre la superficie del agua, de ahí que se les conoce como "patinadores o zapateros", para ello es muy importante la tensión y viscosidad superficial. Por lo tanto, cualquier circunstancia que altere esta característica, influye en la presencia o ausencia de estas especies de insectos Padilla y Nieser, (2003); Hanson et al., (2010). Por otro lado, no se registró la familia Veliidae en E5, Naucoridae en E1 y E3 y Notonectidae en E4 (Periodo Seco) (Tabla 2).

Tabla 2: Caracterización de macroinvertebrados asociados a macrofitas en la Ciénaga Mata de Palma (2015 – 2016). E1: Influencia Arroyo Paraluz E2: Sector Noreste E3: Sector Central E4: Sector Sur E5: Influencia Arroyo Garrapata

Macroinvertebrados asociados a macrofitas			Periodo Lluvioso					Periodo Seco				
Clase	Orden	Familia	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Insecta	Hemiptera	Gerridae	11	27	10	35	8	6	21	8	24	7
		Veliidae	8	21	9	19	11	7	16	5	31	
		Naucoridae		7		5	4		3		6	2
		Notonectidae	15	23	9	17	8	9	13	8		6
	Odonata	Libellulidae	5	5	4	3			4	3	2	
		Gomphidae		4	2	3			1	3		
	Coleoptera	Elmidae			4	6			3	2	5	
		Hydrophilidae	5			3	3	2				3
		Dytiscidae	6	11		2	6			4	1	2
	Diptera	Chironomidae	12	3			2	6	2		2	3
		Culicidae	6					3				2
		Ceratopogonidae	4					1			1	
	Ephemeroptera	Baetidae		5	7	5	3		2	3		4
Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	6			4	8	3			4	3
Branchiopoda	Diplostraca	Limnaeidae					3		1	2		2
Arachnida	Trombidiformes	Hydrashnidae		3	3	2			2	4		
Gastropoda	Basomatophora	Planorbidae	4	2		3	5	2			3	2
		Physidae			2		3	2		3	2	1
	Mesogastropoda	Hydrobiidae	4		3	2	2		2	2	2	
	Stylommatophora	Bulimulidae	8	2	2		2	1				4
Total			94	113	55	109	68	42	70	47	83	41
% Abundancia			13	15,7	7,62	15,1	9,42	5,82	9,7	6,51	11,5	5,68

Cabe destacar la abundancia de las familias Gerridae y Veliidae en las estaciones E2 y E4, estas familias son indicadoras de aguas ligeramente contaminadas a eutróficas y aguas limpias (Escobar, 1989), Notonectidae también fue importante en términos de abundancia en las estaciones E1, E2 y E4, esta familia es indicadora de aguas ligeramente contaminadas a eutróficas. Chironomidae se destacó por su abundancia en la estación E1, esta familia es indicadora de aguas medianamente contaminadas y muy contaminadas, mesotróficas a eutróficas Roldán, (2003); Liévano y Ospina, (2007). Se obtuvo porcentajes de abundancia total del 19%, 25%, 14%, 27% y 15% para E1, E2, E3, E4 y E5 respectivamente, contemplando ambos periodos de muestreo.

Para los macroinvertebrados en sedimentos obsérvese la tabla 3, se identificaron 196 organismos (total sin considerar el área de muestreo), 89 en periodo de lluvias y 107 en periodo de seco, estos organismos pertenecían a 3 phylum, 3 clases, 4 órdenes y 8 familias. La clase Insecta estuvo representada por las abundancias más altas con dos órdenes importantes, de los cuales los Dípteros tuvieron el mayor número de taxones, con 2 familias, siéndola familia Chironomidae la más abundante, cabe resaltar la importancia de la clase Gastropoda y el orden Basomatophora el cual fue el más diverso con 3 familias, siendo la familia Planorbidae la más abundante, estando presente en todas las estaciones de muestreo. La clase Oligochaeta reportó 2 familias, siendo Tubificidae la más común estando presente en todas las estaciones de muestreo.

Como se muestra en la figura 3, Tubificidae y Planorbidae fueron las familias más abundantes y comunes en las estaciones de muestreo, estas familias son indicadoras de aguas con alta contaminación por materia orgánica, aguas polisaprobicas e hipoxia Escobar, (1989), la familia Hydrobiidae también fue importante en cuanto abundancia y presencia, estando ausente en E1 (Periodo Seco), Ceratopogonidae y Polymitarcidae fueron las familias con menor abundancia y menos comunes.

Fig. 2: Frecuencia de Familias de macroinvertebrados acuáticos asociados a macrofitas en la Ciénaga Mata de Palma 2015 – 2016

Tabla 3: Caracterización de macroinvertebrados en sedimentos en la Ciénaga Mata de Palma, 2015 - 2016. E1: Influencia Arroyo Paraluz E2: Sector Noreste E3: Sector Central E4: Sector Sur E5: Influencia Arroyo Garrapata

Macroinvertebrados en sedimentos			Periodo Lluvioso					Periodo Seco				
Clase	Orden	Familia	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Oligochaeta	Haplotaenida	Naididae	3		2		2	2		2		1
		Tubificidae	6	5	7	2	5	8	5	4	6	7
Insecta	Diptera	Chironomidae	5	3	3		2	3	5		4	
		Ceratopogonidae						3				2
	Ephemeroptera	Polymitarcidae			1				1	3		
Gastropoda	Basomatophora	Planorbidae	5	5	4	4	8	11	6	4	6	4
		Physidae			3	3		2		3	2	2
		Hydrobiidae	3	1	1	3	3		4	3	3	1
Total			22	14	21	12	20	29	21	19	21	17
% Abundancia			11,2	7,14	10,7	6,12	10,2	14,8	10,7	9,69	10,7	8,67

Fig. 3: Frecuencia de Familias de macroinvertebrados en sedimentos en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 - 2016

Puntaje BMWP/Col

A continuación, se calculó el índice BMWP/Col para los macroinvertebrados asociados a macrofitas en los periodos seco y lluvioso, y el puntaje promedio que representa la calidad del agua en cada estación (Figura 4). Con lo cual se evidencian cambios en la calidad del agua para cada punto, de acuerdo al periodo evaluado. El método BMWP/Col se empleó independientemente en las muestras de sedimentos y en las de macroinvertebrados asociados a las raíces de macrofitas, puesto que las diferencias entre superficie y fondo son muy extremas.

Fig. 4: Índice BMWP/Col de macroinvertebrados asociados a macrofitas por estaciones y periodos en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 - 2016

El valor del índice BMWP/Col en Macroinvertebrados asociados a macrofitas para la estación E1 en los periodos lluvioso y seco, define la calidad de este cuerpo de agua como ligeramente contaminadas y moderadamente contaminadas respectivamente, de calidad aceptable a dudosa. En general se calculó que el puntaje promedio con respecto a los dos periodos muestreados para E1 es de 55,5 con calidad Dudosa (Figura 4). La calidad de la estación (E2) presenta un aumento en el grado de contaminación, los valores del índice BMWP/Col definen la calidad en este punto como ligeramente contaminadas, de calidad Aceptable. Se calculó que el puntaje promedio con respecto a los dos periodos muestreados para E2 es de 68,5 con calidad Aceptable. Las familias encontradas en esta estación poseen mayor sensibilidad a la contaminación que las reportadas en la estación E1.

La calidad de la estación E3 es definida por el índice BMWP/Col como aguas moderadamente contaminadas y ligeramente contaminadas para los periodos lluvioso y seco respectivamente. Se calculó que el puntaje promedio con respecto a los dos periodos muestreados para E3 es de 62,5 con calidad Aceptable, cabe resaltar que fue el punto con menos abundancia de organismos, esto pudo deberse posiblemente a la ausencia de parches de macrofitas que afecta significativamente la diversidad de organismos. Quiroz et al., (2010) afirma que la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas lenticos, se ve afectada principalmente por la presencia de vegetación flotante, la cual constituye un sustrato y refugio para una gran diversidad de comunidades bentónicas. De igual manera Ramírez & Viña, (1998), resumen la importancia de las comunidades de macrofitas en cuanto a que confieren estabilidad al terreno, generan la vía trófica directa y la detrítica, diversifica la vía trófica y constituye la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos asociados. La calidad de la estación (E4) es definida por el índice BMWP/Col como aguas ligeramente contaminadas, de calidad Aceptable con un puntaje promedio de 78,5. La estación E5 influenciada por el Caño Garrapata es definida por el índice BMWP/Col como aguas moderadamente contaminadas y ligeramente contaminadas para los periodos de lluvias y seco respectivamente. Se calculó que el puntaje promedio con respecto a los dos periodos muestreados para E5 es de 71 con calidad Aceptable.

De acuerdo al estudio realizado por Rodríguez, (2008), los resultados de los macroinvertebrados asociados a raíces de macrofitas, Mata de Palma presenta una calidad del agua Buena, debido a que sus valores se encuentran en la clase I (sobre 101), infiriendo así que son aguas clasificadas de muy limpias a limpias. Hoy después de 10 años de dicho estudio, se evidencia en la Ciénaga Mata de Palma, menor valor BMWP/Col, menor diversidad de familias y más baja calidad de agua.

Se calculó el índice BMWP/Col para los macroinvertebrados en sedimentos en periodo seco y lluvioso, y un puntaje promedio que representa la calidad del agua en cada estación (Figura 5). Con lo cual no se evidencian cambios significativos en la calidad del agua para cada punto, de acuerdo al periodo evaluado. En las muestras de bentos, el puntaje promedio BMWP/Col fue de 17,7, lo cual indica que la ciénaga Mata de Palma se ubica en la clase IV de calidad Crítica, indicando que sus aguas son muy contaminadas. Fue la estación E3 la que reportó un puntaje BMWP/Col mayor con un promedio de 24, lo cual se ubica en la clase IV de calidad Crítica, las estaciones (E1, E2, E4 y E5) reportaron puntajes <16 clasificando sus aguas en la clase V de calidad Muy Crítica. Los resultados de acuerdo al puntaje BMWP/Col de los macroinvertebrados en sedimentos de la ciénaga Mata Palma, arrojaron que no existen variaciones bruscas o estratificación entre las estaciones de muestreo y el periodo climático evaluado.

Fig. 5: Índice BMWP/Col de macroinvertebrados en sedimentos por estaciones y periodos en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 – 2016

Índices Ecológicos

Los índices ecológicos presentaron un patrón de comportamiento similar, tanto para los organismos asociados con las macrofitas como los del sedimento para cada punto y periodo climático evaluado (Tabla 4). En el caso de la diversidad, se presentó un promedio de 2,21 bits/ind en los macroinvertebrados asociados a macrofitas; obteniendo el mayor valor en la estación E5, para los macroinvertebrados en sedimento se presentó un promedio de 1,53 bits/ind, donde la estación E5 reportó el mayor valor. De acuerdo con Margalef, (1998), los valores de diversidad reportados para este estudio pueden ser considerados medios. La Riqueza de Margalef presentó igualmente valores bajos con un promedio de 2,71 en los organismos asociados a las macrofitas y 1,45 para los organismos asociados con el fondo, indicando una diversidad media y baja respectivamente.

Tabla 4: Índices ecológicos para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con las macrofitas y al sedimento por estaciones y periodos de muestreo en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 - 2016

Macroinvertebrados asociados a macrofitas	Variable	Periodo Lluvioso					Periodo Seco				
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
	Dominancia (D)	0,09	0,15	0,12	0,17	0,09	0,13	0,19	0,11	0,24	0,10
	Equidad de Shannon (H')	2,47	2,11	2,23	2,14	2,49	2,18	1,97	2,37	1,82	2,44
	Riqueza de Margalef (DMg)	2,64	2,33	2,50	2,77	3,08	2,68	2,59	2,86	2,49	3,23
	Equidad de Pielou (J')	0,96	0,85	0,93	0,81	0,94	0,91	0,79	0,95	0,73	0,95
Macroinvertebrados en sedimentos	Variable	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
	Dominancia (D)	0,21	0,31	0,20	0,26	0,27	0,25	0,23	0,17	0,23	0,26
	Equidad de Shannon (H')	1,57	1,25	1,75	1,36	1,46	1,56	1,50	1,77	1,53	1,54
	Riqueza de Margalef (DMg)	1,29	1,14	1,97	1,21	1,34	1,49	1,31	1,70	1,31	1,77
	Equidad de Pielou (J')	0,98	0,90	0,90	0,98	0,91	0,87	0,93	0,99	0,95	0,86

La dominancia presentó un promedio de 0,14 en los organismos asociados a macrofitas y 0,24 para los asociados al sedimento. En el fondo, la baja dominancia es resultado de la poca oferta de microhábitats, su inestabilidad, la escases de ítems alimenticios y las condiciones de anoxia predominantes en esta zona. En este sentido, Acosta et al., (2009) y Collier y Willcock, (1998) afirman que estos aspectos son factores limitantes para la presencia de una comunidad heterogénea de macroinvertebrados, porque ejercen fuertes presiones fisiológicas que limitan la presencia de una elevada riqueza de familias y géneros. En lo que concierne a la Uniformidad todas las estaciones registraron valores altos, lo que indica que la población de macroinvertebrados acuáticos se distribuye de manera homogénea en la superficie y fondo de la ciénaga.

La figura 6 muestra la matriz básica de similitud y el dendrograma respectivo para los macroinvertebrados asociados a macrofitas. El resultado del Clúster de similitud de Bray-Curtis muestra que las estaciones de muestreo presentan una similitud superior del 56% de las especies encontradas. Sin embargo, se observa que las estaciones de muestreo E1, E5 y E3 forman un grupo, mostrando una similitud mayor del 57%. De igual manera las estaciones E1 y E5 forman un subgrupo con una similitud superior al 69%, mientras que las estaciones E2 y E4 forman un grupo, mostrando una similitud mayor del 79%, este comportamiento está asociado con la mayor abundancia en estas estaciones de las familias Gerridae y Veliidae.

Fig. 6: Dendrograma de clasificación para los macroinvertebrados asociados a macrofitas basado en el Índice de similitud Bray Curtis en las estaciones de muestreo en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 - 2016

El análisis arrojado por el Clúster de similitud de Bray-Curtis para los macroinvertebrados en sedimentos nos muestra que las estaciones de muestreo presentan una similitud superior del 71% de las especies encontradas. Se observa en la figura 7 que las estaciones de muestreo E1, E5 y E3 forman un grupo, mostrando una similitud mayor del 72%. De igual manera las estaciones E1 y E5 forman un subgrupo con una similitud superior al 84%, mientras que las estaciones E2 y E4 forman un grupo, mostrando una similitud mayor del 84%.

Fig. 7: Dendrograma de clasificación para los macroinvertebrados en sedimento basado en el Índice de similitud Bray Curtis en las estaciones de muestreo en la Ciénaga Mata de Palma. 2015 - 2016

CONCLUSIONES

Los estudios realizados a nivel decampo y laboratorio permiten afirmar lo siguiente: 1) El mayor número de organismos y riqueza taxonómica se encontró asociado con las macrofitas acuáticas, siendo este sustrato el que presentó los valores más altos de diversidad, lo que demuestra el papel que juega la vegetación acuática en la distribución de los macroinvertebrados en los sistemas lénticos; Además no existe un patrón en cuanto a la composición de la comunidad de macroinvertebrados asociados a macrofitas y en sedimentos respecto a los dos periodos climáticos en la ciénaga de Mata de Palma; 2) La presencia de familias indicadoras de condiciones específicas, confirman una clara diferencia entre la calidad del agua superficial y la calidad del sustrato propiamente dicho, siendo la superficial de condiciones más aptas para que diversos organismos con distintos niveles de tolerancia la habiten, mientras que el fondo restringe la presencia a unas pocas familias tolerantes a bajos niveles de oxígeno; 3) El índice BMWP/Col en base a los macroinvertebrados asociados a macrofitas, en promedio define las aguas de las estaciones E1 como aguas moderadamente contaminadas de calidad Dudosa, E2-E3-E4 y E5 como aguas ligeramente contaminadas de calidad Aceptable. En cuanto a los macroinvertebrados en sedimentos el BMWP/Col indica que las aguas en el fondo de la Ciénaga Mata de Palma son contaminadas de calidad crítica, indicando la presencia de materia orgánica en descomposición.

REFERENCIAS

- Acosta, R., B. Ríos, M. Rieradevall y N. Prat, Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú, doi: 10.23818/limn.28.04, *Limnética*, 28 (1), 35-64 (2009)
- Ávila, S. y S. Estupiñán, Calidad sanitaria del agua de la ciénaga Mata de Palma en el departamento del Cesar, Colombia. ISSN: 1794-2470, *Revista NOVA*, 7(11), 85-91/124 (2009)
- Bonada, N., V. Prat, H. Resh y B. Statzner, Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches, doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151124, *Annual Review of Entomology* 51, 495-523 (2006)
- Bray, J. y J. Curtis, An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27, 325-349 (1957)
- Chará-Serna, A., J. Chara y otros tres autores, Understanding the impacts of agriculture on Andean stream ecosystems of Colombia: a causal analysis using aquatic macroinvertebrates as indicators of biological integrity, doi: 10.1086/681094, *Freshwater Science*, 34 (2), 727-740 (2015)
- Collier, K., R. Wilcock y A. Meredith, Influence of substrate type and physicochemical conditions on Macroinvertebrate faunas and biotic indices of some lowland Waikato, New Zealand, streams, doi: 10.1080/00288330.1998.9516802, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 32(1), 1-19 (1998)
- Deluque, J., S. Reyes, T. Sierra-Labastidas y W. López, Primeros reportes de familias de macroinvertebrados asociados a macrofitas acuáticas en la Ciénaga del Cerro de San Antonio (río Magdalena, Colombia), ISSN: 1794-161X, *Intrópica*, 3, 77-86 (2006)
- Escobar, N, Estudio de las comunidades macrobentónicas en el río Manzanares y sus principales afluentes a su relación con la calidad del agua, ISSN 0304-3584, *Actualidades Biológicas (Medellín)*, 18(65), 45-60 (1989)
- Hanson, P., M. Springer y A. Ramírez, Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos, doi: 10.15517 / RBT.V58I4.20080, *Revista Biología Tropical*, 58(4), 3-37 (2010)
- Hernández, J.L., C. Guzmán-Soto y C.E. Tamaris-Turizo, Macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga de Sahaya y en tres de sus afluentes (Cesar, Colombia), doi: 10.21676/23897864.1857, *Revista Intropica* 11(1), 11- 20 (2016)
- IGAC-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo IV. IGAC, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 2504 pp. (1996)
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación. Gestión Ambiental: Calidad de agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo para estudios biológicos. GTC 25. Bogotá D.C.: El instituto. 8 p. (1995)
- Liévano, A. y R. Ospina, Guía Ilustrada De Los Macroinvertebrados Acuáticos Del Río Bahamón. Bogotá D.C. Universidad El Bosque E Instituto Alexander Von Humbolt. Bogotá, D. C. 130p, (2007)
- Madera, L., L. Angulo, L. Díaz y R. Rojano, Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación, doi: 10.4067/S0718-07642016000400011, *Revista Información Tecnológica*, 27(4), 103-110 (2016)
- Manjarrés-Hernández A, A.L. Flórez-Leiva y G. Rueda-Delgado, Macrofitas acuáticas de la ciénaga de San Antonio-Magdalena, Colombia. En: ACL-Limnos (ed.). Resúmenes VI Seminario Nacional de Limnología y I Encuentro Internacional sobre Embalses Neotropicales. Universidad Pontificia Bolivariana-Asociación Colombiana de Limnología, Montería, Colombia, p. 75 (2004)
- Margalef, R, *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega, SA; 320 pp. (1998)

- Martínez-Rodríguez, M. y G. Pinillas, Assessing the water quality of three wetlands in the Department of Cesar, Colombia, through aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae), doi: 10.15446/v36n2.47489, *Caldasia*, 36(2), 305-321 (2014)
- Montoya, Y. y N. Aguirre, Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables, ISSN electrónico 2357-5905, *Revista Gestión y Ambiente* 12(3), 85-106 (2009)
- Padilla, D. y N. Nieser, Nueva Especie de Tachygerris y Nuevos Registros de Colecta de las Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) de Colombia, ISSN 0304-3584, *Revista Actualidades Biológicas*, 25(78), 39-49 (2003)
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall, Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: Domínguez, E. y H. R. Fernández (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 26 pp. (2009)
- Quiróz, J., P. Dueñas y J. Ballesteros, Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia, ISSN: ISSN 2500-7459, *Revista Asociación Colombiana Ciencias biológicas*, 22, 147-57 (2010)
- Ramírez, A. y G. Viña, *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. Bogotá: BP Exploration Company-Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; 250 p (1998)
- Rangel-Ch, J., Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental de las ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Corpocesar-Universidad Nacional de Colombia (2008)
- Rivera, J.J., G.A. Pinilla y J.O. Rangel-Ch, Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia, ISSN: 2357-3759, *Caldasia*, 35(2), 389-408 (2013)
- Rivera-Usme, J., G. Pinilla y otros tres autores, Biomass of macroinvertebrates and physicochemical characteristics of water in an Andean urban wetland of Colombia, <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.10613>, ISSN 1519-6984, *Brazilian Journal of Biology*, 75, 180-190 (2015)
- Rodríguez, M, *Macroinvertebrados Bentónicos*. En: Estudio de Inventario de Fauna, Flora, Descripción Biofísica y Socioeconómica y Línea Base Ambiental de las Ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Convenio Instituto de Ciencias Naturales/Universidad Nacional de Colombia-Corpocesar. Informe Final de Actividades. pp. 209-238. Bogotá D.C (2008)
- Roldan, G, *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 170p (2003)
- Rosenberg, D. y V. Resh, Use of aquatic insects in biomonitoring. In: *Aquatic insects of North American*. Merrit R. W. and W. K. Cummins (Eds), 3ª Ed. Dubuque, Iowa, Kendall / Hunt Publishing. Company. P. 87-97. (1996)
- Smith, A., R. Bode y G. Kleppppel, A nutrient biotic index (NBI) for use with benthic macroinvertebrate communities, doi:10.1016/j.ecolind.2006.03.001, *Ecological Indicators*, 7, 371-386 (2007)
- Weirauch, C. y R. Schuh, Systematics and Evolution of Heteroptera: 25 Years of Progress, doi: 10.1146/annurev-ento-120709-144833, *Annual Review of Entomology*, 56, 487-510 (2011)