

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS EN ÁREAS OPERATIVAS DE ECOPETROL (VENTANAS MONTES
DE MARÍA, SANTA MARTA Y CIÉNAGA DE ZAPATOSA)**

Jhonatan Alexander Peña Posada

Estudiante

Pregrado de Biología

Esta tesis se derivada del Contrato No. 13-12-067-077PS celebrado entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Universidad de Antioquia (Grupo LimnoBasE-Biotamar) para desarrollar actividades dentro del proyecto “Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol”

Medellín, julio de 2021



Resumen

En el presente trabajo se describe la composición y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los sistemas evaluados en el año 2014 y 2015 en la región caribe (Ventanas Montes De María, Santa Marta Y Ciénaga De Zapatosa) en áreas operativas de Ecopetrol. Las 3 Ventanas Montes de María, Santa Marta y Ciénaga Zapatosa presentan diferencias orográficas, climáticas, edáficas y ecológicas contrastantes. Dichas condiciones influyen en las particularidades de los sistemas acuáticos asentados en ellas, así como en el devenir espacial y temporal de las variables físicas, químicas y biológicas presentes en ellos. En consecuencia, este estudio pretende identificar qué factores o variables ambientales (variables de hábitat) dentro de las evaluadas en la investigación y del paisaje, podrían estar determinando la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados en los sistemas lóticos y leníticos seleccionados en cada Ventana. El número de taxones de macroinvertebrados acuáticos de común ocurrencia en los sistemas evaluados en las tres ventanas puede ser considerado como bajo, debido posiblemente a la existencia de barreras físicas (como cadenas montañosas) y a diferencias en los tipos de ambientes, lo que limita la dispersión de la mayoría de los taxones. El paisaje contrastante entre las ventanas hace que la composición y densidad de los macroinvertebrados, resulte muy disímil entre ellas. Esto a su vez es reflejo de la heterogeneidad ambiental, representada en hábitats aparentemente diferentes, que les confieren ventajas a ciertos taxones en particular

Palabras clave: composición, estructura, macroinvertebrados, ventanas, lóticos, leníticos

INTRODUCCIÓN

Las comunidades biológicas presentes en un ambiente son arreglos temporales en los que las

especies interactúan entre sí y con su entorno, estando reguladas por factores locales (p.e. competencia y condiciones abióticas) y regionales (p.e. clima, evolución y migración) (Arita y Rodríguez, 2004); esto resalta el hecho de que las comunidades de ese espacio son productos históricos y relacionales.

La ubicación geográfica y los factores ambientales locales contribuyen a la variación en la composición y la estructura de las comunidades bióticas en los sistemas de agua dulce, constituyéndose en filtros ambientales importantes que pueden generar impactos a escala espacial y/o temporal, así como generar transformaciones en tales comunidades. Estos filtros hacen referencia a los fenómenos ecológicos y ambientales que pueden estar representados por el aislamiento geográfico y las características físicas y químicas de cada ambiente (Charles *et al.*, 2006).

La comunidad tiene una estructura y un funcionamiento característico, que se han fijado a través del proceso evolutivo. Una propiedad de importancia esencial en el estudio de la estructura, del dinamismo y de la evolución de las comunidades es la riqueza de especies, que se puede expresar por medio de un índice de diversidad (p.e. índice de Shannon, riqueza numérica, etc.) que sea independiente de la amplitud de la muestra sobre la que se determina, o mediante una serie de los mismos que recoja atributos de la comunidad, como su grado de homogeneidad (equidad) o de predominio de unas especies (dominancia). Estas medidas son necesarias para probar teorías sobre la coexistencia de las especies, los procesos dinámicos de los ecosistemas, los determinantes históricos y el impacto de las actividades humanas, entre otros (Margalef, 1980).

Colombia es un país que posee amplia diversidad orográfica, conformada por formas naturales tales como mesetas, valles y montañas, que geológicamente tienen su origen en los periodos Cámbrico, Devónico y Carbonífero, en la era Terciaria y principios de la Cuaternaria. Sumado a esta condición, por su ubicación geográfica en la franja tropical, se presentan condiciones climáticas más o menos homogéneas a lo largo del año, con periodos de bajas y/o altas precipitaciones que son particulares a las diferentes subregiones. Estas características en conjunto, potencian la ocurrencia de una alta diversidad biológica. No obstante, paradójicamente, ocurren cambios ambientales drásticos, bien sea de origen natural o antrópico, que causan diferentes situaciones de estrés sobre las comunidades bióticas acuáticas, aumentando el riesgo de pérdida de la biodiversidad y repercutiendo negativamente en el funcionamiento de los ecosistemas.

En consecuencia, y por la falta de estudios en la mayor parte de las regiones colombianas, el conocimiento de la biodiversidad en Colombia, más precisamente el de la biota acuática. Por

esta razón, esta investigación tiene el propósito de identificar áreas potenciales de alta riqueza hidrobiológica en Colombia que contribuyan a la planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol.

Para dar cumplimiento a dicha iniciativa, en este trabajo se seleccionaron cuatro zonas de diferente ubicación geográfica, todas en áreas operativas de Ecopetrol: Montes de María en el departamento de Sucre, Santa Marta en el departamento del Magdalena y Ciénaga de Zapatosa en el departamento del Cesar. Dentro de cada una se seleccionaron diferentes sistemas acuáticos (considerando criterios concernientes al estado de conservación y la posible influencia antrópica), con el fin de desvelar: 1) la composición de las agrupaciones acuáticas elegidas, 2) su estructura comunitaria y 3) sus miembros más relevantes,

Las tres Ventanas (Montes de María, Santa Marta y Ciénaga de Zapatosa) presentan diferencias orográficas, climáticas, edáficas y ecológicas contrastantes. Dichas condiciones influyen en las particularidades de los sistemas acuáticos asentados en ellas, así como en el devenir espacial y temporal de las variables físicas, químicas y biológicas presentes en ellos. En consecuencia, este estudio pretende identificar qué factores o variables ambientales y del paisaje, podrían estar determinando la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados en los sistemas lóticos y leníticos seleccionados en cada una de las Ventanas.

MÉTODOS

Métodos de recolección de muestras biológicas

Para la aplicación de los métodos de recolección se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Wantzen & Rueda-Delgado (2009) y de Ramírez (2010) para muestreos de tipo cualitativo y semi-cuantitativo en ríos tropicales, además de los criterios para la toma de muestras hidrobiológicas empleadas por el equipo de trabajo del grupo de investigación “LimnoBasE y Biotamar” de la Universidad de Antioquia.

Se seleccionó un tramo entre 50 y 300 m de longitud a lo largo del cauce, dependiendo de las condiciones propias del terreno y/o de las intervenciones encontradas, en el que se utilizó una red triangular, ubicándose ésta en sentido contrario al flujo de la corriente y removiendo el lecho de interés .

Se muestrearon los hábitats presentes (rápidos, remansos con vegetación ribereña, remansos sin vegetación, pozos poco profundos y pozos profundos -definidos de acuerdo con las condiciones de cada sitio-) así como los diferentes sustratos (cantos, guijarros, sedimentos, paquetes de hojarasca y demás material vegetal, macrófitas, macroalgas). Se hizo un mayor

esfuerzo de captura en los hábitats y sustratos dominantes por su abundancia. Adicionalmente, mediante la utilización de pinzas, se realizaron colectas manuales de organismos que se encontraban fuertemente adheridos a las superficies de los sustratos. El esfuerzo total de muestreo por tramo fue de 30 minutos.

El material recolectado en cada tramo correspondió a una muestra y se depositó en bolsas plásticas de cierre hermético, a las que se agregó una cantidad de alcohol (concentración mayor al 90%) tal que sobrepasara el sustrato. Posteriormente, el material fue almacenado en el laboratorio hasta comenzar su procesamiento, con el fin de evitar la evaporación del alcohol y el deterioro de los organismos.

Análisis de muestras en laboratorio

Los organismos de los macroinvertebrados fueron extraídos de cada muestra mediante remoción manual con pinzas de punta fina, y posteriormente fueron identificados hasta la menor categoría taxonómica posible, mediante la utilización de un estereoscopio ZEISS-Stemi VD4 y las claves taxonómicas de Roldán (1988), Machado y Rincón (1989), Wiggins (1996), Posada-García & Roldán-Pérez (2003), Domínguez *et al.* (2006), Domínguez & Fernández (2009), Merritt *et al.* (2008).

Análisis de la información

El análisis de la composición y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, se realizó a partir de las densidades de los taxones encontrados. La densidad se representa en individuos capturados durante 30 minutos (ind/min).

A partir de gráficos de torta y de barras se describió la abundancia de los taxones por Ventana, y la estructura de la comunidad se analizó mediante la aplicación de los índices: riqueza de taxones (S), diversidad de Shannon-Wiener (H' , en log base 2.718), dominancia de Berger & Parker (d) y equidad de Pielou (J'). Para su cálculo se utilizó el programa Biodiversity Professional versión 2 (McAleece, 1997).

RESULTADOS

Descripción de los ecosistemas

Ventana Montes de María

La ubicación espacial de los sitios evaluados en esta Ventana se muestra en la Figura 1. De éstos, cuatro se ubican en jurisdicción del municipio de Colosó, y dos en el municipio de Chalán, ambos en el departamento de Sucre, cuyos territorios pertenecen a la formación serranía de San Jacinto o Montes de María. El relieve de esta formación está constituido por cinturones montañosos, escabrosos y disertados, que combinan valles y montañas escarpadas con alturas que oscilan entre los 200 y los 700 m.s.n.m. Información adicional en las tablas 1 y 2.



Figura 1. Ubicación espacial de los sistemas acuáticos evaluados en la Ventana Montes de María (departamento de Sucre).

Tabla 1. Valores de algunas variables físicas y químicas medidas en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la ventana Montes de María.

Variable	Arroyo El Sereno	Arroyo Pajonal	Arroyo Pichilín	Arroyo Chalán	Arroyo Colosó	Arroyo El Canal
----------	------------------	----------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------

Temperatura del agua (°C)	25.1	26.3	27	26.2	26.7	25.7
Conductividad (uS/cm)	642	1820	1279	1591	600	467
pH (unidades)	8.17	8.39	8.31	7.83	8.1	8.42
Concentración de oxígeno (mg/L)	5.5	6.6	5.5	5.1	5.2	5.8
Sólidos disueltos totales (ppm)	328	927	651	809	306	237
Temperatura del aire (°C)	27.5	30	33	32	30	28.5
Caudal aproximado (m ³ /s)	0.0006	0.007	0.011	0.0009	0.014	0.006

En la Tabla 2 se muestran los lineamientos propuestos para los OdC evaluados en la ventana.

Tabla 2. Estado de conservación y presiones sobre los ecosistemas acuáticos muestreados en la Ventana Montes de María, así como estrategias y lineamientos de conservación.

Ventana	Grupo	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100000	Presión	Estado	Lineamiento 25.000
Montes de María	Ecosistemas	Arroyo El Sereno	Restauración	Restauración de ecosistemas estratégicos	Cambio climático, erosión, bebedero para ganado, extracción de agua, turismo	Estado regular de conservación	Reforestación, delimitación para prevenir ingreso de ganado, extracción controlada de agua, campaña para uso recreativo
			Uso sostenible	Recuperación mediante la revegetalización y/o remediación para la sostenibilidad ambiental	Cambio climático, erosión, bebedero para ganado, extracción de agua, turismo	Estado regular de conservación	
		Arroyo Pajonal	Restauración	Restauración de ecosistemas estratégicos	Cambio climático, ganadería, tránsito vehicular, descargas de residuos, extracción de materiales	Altamente intervenido (deteriorado)	

		Arroyo Pichilín	Restauración	Restauración de ecosistemas estratégicos	Cambio climático, ganadería, tránsito vehicular, descargas de residuos, extracción de materiales	Altamente intervenido (deteriorado)	Rehabilitación de bosque ribereño, construcción de planta de tratamiento de aguas residuales
		Arroyo Chalán	Uso sostenible	Restauración en otras categorías del SINAP para la provisión de servicios ecosistémicos	Cambio climático, ganadería, descargas de residuos, extracción de materiales	Estado regular de conservación (conservación de algunos atributos ecológicos y funcionales)	Rehabilitación de bosque ribereño, delimitación de caminos lejos del cauce
		Arroyo Colosó	Restauración	Rehabilitación para la conectividad ecológica	Vertimientos de aguas residuales, escorrentía de zonas de cultivo, carretera, urbanización, construcción de dique, recreación	Altamente intervenido	Rehabilitación del bosque ribereño, sensibilización ante prácticas de cultivo, construcción de pozos sépticos. Fomento del espacio para recreación y esparcimiento

			Uso sostenible	Recuperación mediante la revegetalización y/o remediación para la sostenibilidad ambiental			
	Arroyo El Canal	Preservación	Preservación en parques Naturales Regionales	Cambio climático, deforestación de zonas aledañas a la cuenca para establecimiento de cultivos y ganadería, extracción de madera	Excelente estado de conservación (Preservación)	Sensibilización ante las prácticas de cultivo y ganadería, mantenimiento de los relictos de bosque	

Ventana Santa Marta

En esta ventana, los muestreos se realizaron en la vereda El Congo (también conocida como Ciudad Antigua). La vereda El Congo esta en el municipio de Ciénaga, corregimiento de Siberia, a unos 1200 msnm, la temperatura promedio es de 20 °C. Esta región es principalmente cafetera y los pastos, maíz y otras hierbas van desplazando el bosque. Los sitios de muestreos se ubicaron en la micro-cuenca de la quebrada del Congo, que es un afluente del Río Frío. Información adicional en la tabla 3.

Tabla 3. Estado de conservación y presiones sobre los ecosistemas acuáticos muestreados en la Ventana Santa Marta, así como estrategias y lineamientos de conservación.

Ventana	Tipo de ecosistema	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100.000	Presión	Estado	Lineamiento 1: 25.000
St Marta	Lóticos	Río Congo	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión. Uso para fines recreativos. Posibles vertimientos de aguas residuales de fincas, así como enriquecimientos de nutrientes por escorrentía a causa de cultivos de café.	Buen estado de conservación	Preservación pues es una de las principales fuentes hídricas de la vereda El Congo.
		Quebrada 1	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión. Uso para fines recreativos.	Buen estado de conservación	Educación ambiental y sensibilización frente al cuidado del los ecosistemas.
		Quebrada Canta Rana	Uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión. Uso para fines recreativos. Posibles vertimientos de aguas residuales de fincas, así como enriquecimientos de nutrientes por escorrentía a causa de cultivos de café.	Excelente estado de conservación	Educación ambiental y sensibilización frente al cuidado del los ecosistemas.
		Quebrada Jairo Arenas	Preservación y uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	vertimiento de aguas residuales de las fincas cercanas.	Estado regular de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales de las fincas y tecnificación y tratamiento de las aguas antes de que lleguen a la quebrada.

		Quebrada El Padre	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Posibles vertimientos de aguas residuales de fincas, así como enriquecimientos de nutrientes por escorrentía de los cultivos de las fincas cercanas	Estado regular de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales de las fincas y tecnificación y tratamiento de las aguas antes de que lleguen a la quebrada.
		Quebrada Jairo Vargas	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Posibles vertimientos de aguas residuales de fincas, así como enriquecimientos de nutrientes por escorrentía de los cultivos de las fincas cercanas	Estado regular de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales de las fincas y tecnificación y tratamiento de las aguas antes de que lleguen a la quebrada.

Ventana Ciénaga de Zapatosa

Los sitios evaluados en esta Ventana, se ubican en jurisdicción del municipio de Chimichagua, departamento del Cesar, en cercanías al espejo de agua de la ciénaga de Zapatosa (Figura 2).

El territorio de Chimichagua forma parte de tres ecosistemas: la Serranía de Perijá al Oriente, el valle del río Cesar en el Centro y el complejo cenagoso de Zapatosa en el Centro-Occidente. Sobre la ciénaga de Zapatosa se ubican la cabecera municipal y los corregimientos de Saloa, Sempegua, Candelaria, La Mata, Sapatí y Santo Domingo. El municipio se encuentra a una altitud de 49 m.s.n.m., y cuenta con una superficie de 1.559 km² (Alcaldía de Chimichagua 2012). El promedio de temperatura es de 28 °C y evapotranspiración potencial de 162,3 mm. El régimen de lluvias de la zona es bimodal tetra-estacional, la precipitación media anual oscila entre 1.000- 2.600 mm, con periodos de lluvias que comprenden los meses de abril a junio y agosto a noviembre, presentándose un pico máximo en el mes de octubre (160-300 mm); los periodos secos se presentan entre diciembre y marzo, y de julio a principios de agosto, con un mínimo en el mes de enero (9-21 mm) y un promedio de temperatura de 26 °C y evapotranspiración potencial de 135.7 mm (Rangel-Ch. 1997 y 2000). Información adicional en la tabla 4.



Figura 2. Ubicación espacial de los sistemas acuáticos evaluados en la Ventana Ciénaga de Zapatosa (departamento del Cesar).

En la Tabla 5 se resumen los lineamientos y las estrategias de conservación para los sitios evaluados en la ventana Ciénaga de Zapatosa.

Tabla 4. Valores de algunas variables físicas y químicas medidas en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la ventana Ciénaga de Zapatosa.

Variable	Sitio					
	Ciénaga Zapatosa: sector Pancuiche	Ciénaga Zapatosa: corregimiento Calendaria	Caño Largo	Manantial La Vara	Tres Bocas	Ciénaga Saloa
Altitud (m.s.n.m.)	25	25	29	40	26	27
Temperatura del agua (°C)	32.9	34	29.4	26.5	26.5	30
Conductividad (uS/cm)	122	121	205	33	33	221
pH (unidades)	9.09	8.94	7.32	6.79	6.79	8.64
Concentración de oxígeno (mg/L)	5.8	6.5	1.9	2.3	2.3	5.4
Sólidos disueltos totales (ppm)	62	61	102	13	13	113
Temperatura del aire (°C)	38	37	27	32	34	34
Coordenadas	9°13'61.5'' N	9°19'95.27'' N	9°12'62.8'' N	9°27'40.45'' N	9°12'36.71'' N	9°11'53.33'' N
	73°87'11.17'' O	73°88'58.0'' O	73°64'72.4'' O	73°85'38.28'' O	73°43'52.92'' O	73°43'26.68'' O

Tabla 5. Lineamientos propuestos para los OdC evaluados en la Ventana Ciénaga de Zapatos.

Ventana	Grupo	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100000	Presión	Estado	Lineamiento 25.000
Ciénaga de Zapatos	Ecosistemas	Manantial La Vara	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, tala, quema, bebedero para ganado	Buen estado de conservación	Mantenimiento de bosques ribereños y aledaños. Preservación, puede presentar alto potencial de biodiversidad de especies acuáticas
			Uso sostenible	<i>Restauración en otras categorías del SINAP para la provisión de servicios ecosistémicos</i>	Extracción de agua para consumo humano, presencia de potreros, establecimiento de cultivos de palma	Buen estado de conservación	Reforestación, cercas para la protección del bosque ribereño
		Sitios de Ciénaga: Pancuiche, Candelaria, Tres Bocas y Saloa	Restauración	Rehabilitación para la conectividad ecológica	Ausencia de bosque ribereño	Altamente intervenido	Rehabilitación del bosque ribereño
			Uso sostenible	Restauración en otras categorías del SINAP para la provisión de servicios ecosistémicos	Potrerización, vertimientos de aguas domésticas, escorrentía desde zonas de cultivos, recreación	Altamente intervenido	Reforestación, cercas para la protección del bosque ribereño, construcción de pozos sépticos, uso adecuado para la recreación

			Restauración	Rehabilitación para la conectividad ecológica	Ausencia de bosque ribereño	Estado regular de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño
		Caño Largo	Uso sostenible	Recuperación mediante la revegetalización y/o remediación para la sostenibilidad ambiental	Potrerización, vertimientos de aguas domésticas, escorrentía desde zonas de cultivos	Estado regular de conservación	Sensibilización contra la quema y la deforestación, construcción de pozos sépticos

Composición, Abundancia, Riqueza (No. de taxones), diversidad de Shannon & Weaver (1949) (H'), Equidad de Pielou (1975) y Dominancia de Berger & Parker (d) de los macroinvertebrados presentes en las Ventanas Montes de María, Santa Marta y Ciénaga de Zapatosa.

En la Tabla 6 se observa la composición de macroinvertebrados en las tres Ventanas evaluadas, en donde la mayoría de los taxones presentan distribución restringida a una ventana, y sólo algunos como Baetidae, Caenis y Chironomidae, presentaron distribución común a todas las Ventanas.

Tabla 6. Taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en las Ventanas evaluadas de la región Caribe (Montes de María, Santa Marta y Ciénaga de Zapatosa).

Género	Montes de María	Santa Marta	Zapatosa
Acari s.d.		X	X
Ambrysus		X	
Anacroneuria		X	
Anchytarsus		X	
Ancylidae s.d.			X
Aphrosylus		X	
Argia	X	X	
Austrolimnius		X	
Baetidae s.d.	X	X	X
Baetodes	X	X	
Belostoma			X
Berosus			X
Bidessonotus			X
Biomphalaria			X
Brachymesia			X
Brechmorhoga		X	
Buenoa			X
Caenis	X	X	X
Callibaetis			X
Cantharidae s.d.		X	
Celina			X
Centromacronema		X	
Chasmogenus			X
Chelifera		X	
Chimarra	X	X	
Chironomidae s.d.	X	X	X
Clognia		X	
Conchostraca s.d.			X

Copelatus			X
Corydalus	X	X	
Coryphaeschna			X
Cryphocricos		X	
Culex	X		X
Curculionidae s.d.			X
Derallus			X
Dixella		X	
Drepanotrema	X		X
Dryops		X	
Dugesia		X	X
Dythemis	X		
Dytiscidae s.d.			X
Elmidae s.d.		X	
Elmoparnus		X	
Enallagma			X
Enochrus			X
Erythemis			X
Erythrodiplax			X
Farrodes	X	X	
Hebrus		X	
Helichus		X	
Helicopsyche		X	
Hetaerina		X	
Heterelmis	X	X	
Hexatoma		X	
Huleechius		X	
Hydrobiidae s.d.		X	X
Hydrocanthus			X
Hydrochus			X
Hydrometra			X
Hydrovatus			X
Laccophilus			X
Leptohyphes	X	X	
Leptonema		X	
Leptophlebiidae s.d.		X	
Limnichidae s.d.	X		
Limnocoris	X	X	
Limonia	X	X	
Macrelmis		X	
Macrobrachium	X		X
Macrothemis			X
Mansonia			X
Marilia		X	
Melanoides	X		X
Mesonoterus			X

Mesovelia			X
Miathyria			X
Microcylloepus		X	
Muscidae s.d.		X	
Nectopsyche		X	
Neobidessus			X
Neoplea			X
Neotrichia	X		
Odontomyia		X	X
Paracymus			X
Pelocoris		X	X
Pelonomus		X	
Phanocerus		X	
Pharceonus		X	
Phylloicus		X	
Polycentropus		X	
Polyplectropus		X	
Polythore		X	
Pomacea			X
Potamobates		X	
Progomphus		X	
Pronoterus			X
Psephenos		X	
Rhagovelia	X	X	
Rheumatobates			X
Sialis		X	
Simulium		X	
Smicridea	X	X	
Sphaeriidae s.d.			X
Staphylinidae s.d.		X	X
Suphis			X
Suphisellus			X
Tachygerris		X	
Telebasis			X
Tenagobia			X
Tetraglossa		X	
Thraulodes		X	
Tipula		X	
Trepobates	X		X
Trichodactylidae s.d.	X	X	
Tricorythodes	X		
Tropisternus			X

Ventana Montes de María

En los sitios evaluados dentro de esta Ventana se obtuvo una densidad total de macroinvertebrados de 14.20 ind/min, distribuidos taxonómicamente en 24 Géneros, 22 Familias, 10 Órdenes, tres Clases y dos Fila. Arthropoda fue el Filo mejor representado (14.1 ind/min), seguido de Mollusca (0.1 ind/min). La Clase Insecta registró la mayor densidad (13.0 ind/min), y las menores se encontraron para Malacostraca (1.0) y Gastropoda (0.1 ind/min) (Tabla 7).

En la categoría taxonómica de orden, Ephemeroptera, Diptera y Trichoptera fueron los más representativos en la Ventana, con densidades de 7.05, 3.07 y 1.23 ind/min, respectivamente. Mientras tanto, algunos de los que presentaron menor densidad fueron Coleoptera, Odonata y Sorbeoconcha, con valores de 0.20, 0.07 y 0.03 ind/min (Figura 3). De manera similar, las familias más representativas por su densidad fueron Baetidae (7.03 ind/min), Chironomidae (3.0) y Philopotamidae (0.97 ind/min); contrariamente, entre las familias con menor densidad están Leptophlebiidae (0.10 ind/min), Planorbidae (0.07) y Calopterygidae (0.03 ind/min) (Tabla 7).

En toda la Ventana, Coleoptera fue el orden con mayor riqueza taxonómica al registrar cuatro Familias y cinco Géneros; otros órdenes que aportaron alta riqueza fueron Diptera, Hemiptera y Trichoptera, con tres Familias y tres Géneros cada uno. Adicional a las ninfas de efemerópteros de la Familia Baetidae -que fue el taxón con mayor densidad (7.0 ind/min) en la Ventana-, otros taxones con densidades representativas fueron los mosquitos de la Familia Chironomidae (3.0 ind/min), los tricópteros del género *Chimarra* (0.96) y los camarones de agua dulce del Género *Macrobrachium* (0.9 ind/min). De manera inversa, entre los taxones con menor densidad figuran los efemerópteros *Tricorythodes* (0.1 ind/min), los moluscos *Drepanotrema* (0.06) y los odonatos *Argia* (0.03 ind/min) (Tabla 7).

En Pichilín (6.33 ind/min) y Pajonal (3.50 ind/min) fueron los sistemas lóticos en los que se registró la mayor densidad de organismos, así como la mayor riqueza taxonómica (13 y 10 taxones, respectivamente). El Sereno presentó una riqueza de 11 taxones, mientras que el menor valor se registró en El Canal (Tabla 7).

Tabla 7. Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la Ventana Montes de María (E1MMQS: El Sereno; E2MMQPA: Pajonal; E3MMQPI: Pichilín; E4MMQC: El Canal).

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	E1MMQS	E2MMQPA	E3MMQPI	E4MMQC	Densidad total (ind/min)	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	0.17				0.17	
			Limnichidae	s.d.			0.03		0.03	
		Diptera	Chironomidae	s.d.		0.63	0.50	0.43	1.43	3.00
			Culicidae	Culex			0.03			0.03
			Tipulidae	Limonia					0.03	0.03
			Baetidae	s.d.		0.20	1.60	5.20		7.00
				Baetodes					0.03	0.03
				Caenidae	Caenis			0.10	0.13	
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes		0.03				0.03
				Tricorythodes				0.03	0.07	0.10
				Leptophlebiidae	Farroses	0.03	0.03		0.03	0.10
				Gerridae	Trepobates		0.27	0.03		0.30
			Hemiptera	Naucoridae	Limnocoris	0.10		0.03	0.07	0.20
				Veliidae	Rhagovelia	0.23				0.23
			Megaloptera	Corydalidae	Corydalis	0.23				0.23
			Odonata	Calopterygidae	Argia	0.03				0.03
				Libellulidae	Dythemis			0.03		0.03
				Hydropsychidae	Smicridea	0.07		0.17		0.23
			Trichoptera	Hydroptilidae	Neotrichia			0.03		0.03
				Philopotamidae	Chimarra	0.43			0.53	0.97
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium		0.77	0.13		0.90	

			Trichodactyli dae	s.d.	0.13	0.03	0.17		
Mollusca	Gastropoda	Basommatop hora	Planorbidae	Drepanotrem a	0.03	0.03	0.07		
		Sorbeoconch a	Thiaridae	Melanoides		0.03	0.03		
Densidad total (ind/min)					2.17	3.50	6.33	2.20	14.20
Total taxones					11	10	13	7	

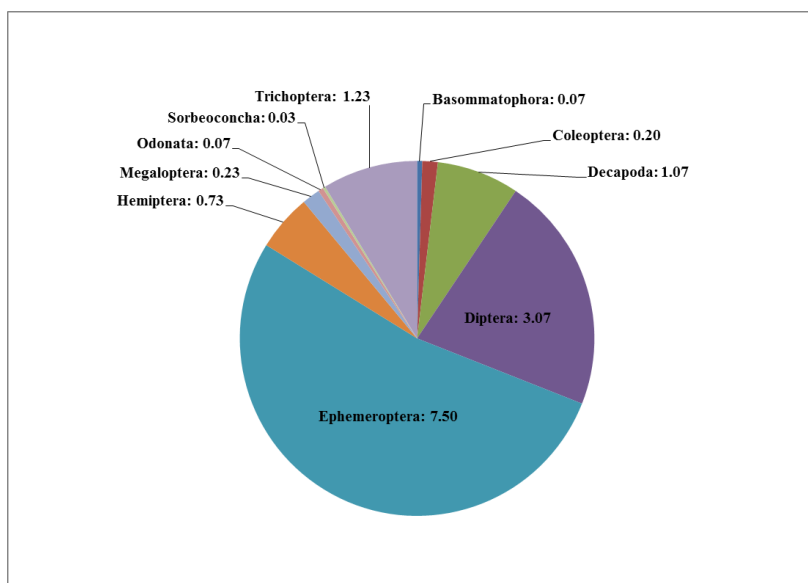


Figura 3. Densidad (ind/min) de los órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Montes de María.

En la se presenta la distribución de las abundancias por taxón de macroinvertebrados en cada uno de los sitios muestreados en la Ventana Montes de María. La Familia Chironomidae estuvo entre los taxones con mayor densidad de organismos y mayor frecuencia de ocurrencia, al encontrarse en todos los sistemas evaluados. Un hecho similar se observó para otros taxones como *Limnocois* (Hemiptera) y los efemerópteros de la Familia Baetidae, que estuvieron presentes en tres de los cuatro arroyos (o quebradas) muestreados. Otros taxones *Caenis*, *Tricorythodes*, *Trepobates*, *Macrobrachyum*, *Trichodactylidae* y *Drepanotrema*, sólo se registraron en dos sitios (Tabla 7).

En cuanto a la diversidad, los mayores valores para este descriptor se obtuvieron en el arroyo El Sereno (2.0 Nats/ind.) y Pajonal (1.6 Nats/ind.); mientras tanto, Pichilín y El Canal (con 0.8 y 1.0 Nats/ind., respectivamente), presentaron las diversidades más bajas (Figura 5). De manera similar a la diversidad, la mayor equidad se observó en El Sereno (0.8) y en Pajonal (0.7 cada uno). Las dominancias más altas se reportaron para los arroyos Pichilín (con 0.8) y El Canal (con 0.7).

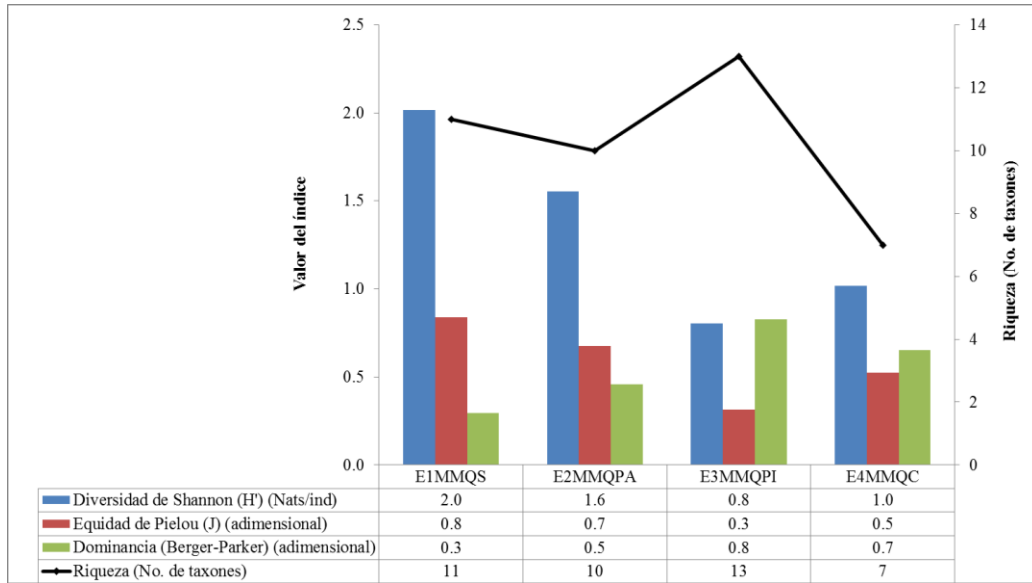


Figura 4. Valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Montes de María: E1MMQS: El Sereno; E2MMQPA: Pajonal; E3MMQPI: Pichilín; E4MMQC: El Canal.

Ventana Santa Marta

En esta Ventana se registraron los mayores valores de riqueza de taxones en comparación con lo encontrado en las otras dos ventanas de la región Caribe. La densidad de macroinvertebrados fue de 100.4 ind/min, de los cuales se identificaron 65 taxones representados en 55 Géneros, 39 Familias, 12 Órdenes, cinco Clases y tres Fila (Tabla 8). Arthropoda fue el Filo mejor representado, con una densidad de 99.7 ind/min, mientras que para Platyhelminthes se registró una densidad de 0.5 ind/min y para Mollusca de 0.2 ind/min.

En los cuerpos de agua evaluados, los Órdenes mejor representados fueron Coleoptera (31.9 ind/min), Trichoptera (29.8 ind/min) y Hemiptera (10.8 ind/min) (Figura 5). De manera similar, Coleoptera presentó la mayor riqueza con 16 taxones, seguido por otros como Diptera con 11 y Trichoptera con diez taxones (Tabla 8). Algunos de los Órdenes pobremente representados fueron Sorbeoconcha, Decapoda y Acari con valores de 0.2, 0.1, 0.03 ind/min, respectivamente.

Los mayores valores de riqueza de taxones y densidad de organismos se registraron en la Quebrada 1 (45 taxones, 35.2 ind/min) y en el río Congo (39 taxones, 31.8 ind/min). Por su parte, en la quebrada Jairo Arenas (38 taxones, 18.1 ind/min) y en Canta Rana (31

taxones y 15.2 ind/min), se encontró la menor riqueza y densidad de individuos (Tabla 8).

Tabla 8. Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la Ventana Santa Marta. Río Congo: E1SMRC; Quebrada 1: E2SMQ1; Quebrada Jairo Arenas: E3SMQJA; Quebrada Canta Rana: E4SMQCR.

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	E1SMRC	E2SMQ1	E3SMQJA	E4SMQCR	Densidad total (ind/min)			
Arthropoda	Insecta	Arachnida	Acari	s.d.	0.03				0.03			
				Cantharidae	s.d.		0.03			0.03		
				Dryopidae	<i>Dryops</i>	0.27	0.73				1.00	
					<i>Elmoparnus</i>	0.30					0.30	
					<i>Helichus</i>	2.27	1.83	0.10	0.03		4.23	
					<i>Pelonomus</i>			0.07			0.07	
					<i>Austrolimnius</i>	0.43	0.17				0.60	
					s.d.	0.10	0.13				0.23	
					<i>Heterelmis</i>	4.07	3.53	2.13	0.37		10.10	
				Coleoptera	Elmidae	<i>Huleechius</i>	0.97	0.07	0.20	0.07		1.30
						<i>Macrelmis</i>	0.27	1.27	0.23	0.13		1.90
						<i>Microcylloepus</i>		0.13				0.13
						<i>Phanocerus</i>	0.57	2.17	0.03	0.03		2.80
						<i>Pharceonus</i>	0.37	0.47		0.07		0.90
		Psephenidae	<i>Psephenos</i>			0.13			0.07		0.20	
			<i>Anchytarsus</i>					0.27			0.27	
		Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>			3.33	1.97	1.63	0.73		7.67	
			Staphylinidae			s.d.			0.13		0.13	
		Chironomidae	s.d.	1.07	2.43	0.70	0.20		4.40			
		Dixidae	<i>Dixella</i>		0.03	0.20			0.23			
		Diptera	Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i>		0.03			0.03			
				<i>Chelifera</i>	0.03	0.03			0.07			
				s.d.			0.10		0.10			

	Psychodidae	<i>Clognia</i>			0.07		0.07
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	0.10	0.30	0.63	0.17	1.20
	Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>	0.20	0.13			0.33
		<i>Hexatoma</i>	0.80	0.37	0.10	0.03	1.30
	Tipulidae	<i>Limonia</i>	0.10	0.03	0.07		0.20
		<i>Tipula</i>			0.03		0.03
	Baetidae	s.d.			0.03	0.07	0.10
		<i>Baetodes</i>				0.03	0.03
	Caenidae	<i>Caenis</i>		0.10			0.10
	Elmidae	<i>Pharceonus</i>			0.07		0.07
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	1.10	0.97	2.07	0.13	4.27
		<i>Farrodes</i>		0.10			0.10
	Leptophlebiidae	s.d.			0.10		0.10
		<i>Thraulodes</i>	0.47	0.17	0.43	0.33	1.40
	Gerridae	<i>Potamobates</i>			0.37		0.37
		<i>Tachygerris</i>		0.03	0.03		0.07
	Hebridae	<i>Hebrus</i>	0.10	0.03			0.13
		<i>Ambrysus</i>	0.07	0.37			0.43
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>				0.13	0.13
		<i>Limnocoris</i>	3.10	2.53	0.07	0.20	5.90
		<i>Pelocoris</i>			0.07		0.07
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	0.30	1.97	0.70	0.73	3.70
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	2.03	0.13	0.03	0.07	2.27
		<i>Sialis</i>			0.03		0.03
	Calopterygidae	<i>Argia</i>		1.27			1.27
		<i>Hetaerina</i>			0.10	0.03	0.13
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>				0.07	0.07
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	0.70	0.23	0.17	0.23	1.33

			Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0.13	0.13	0.13	1.10	1.50
			Polythoridae	<i>Polythore</i>	0.13	0.03			0.17
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2.20	1.23	0.93	1.90	6.27
			Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0.57	2.03	0.23	0.13	2.97
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0.33	0.07	0.03		0.43
				<i>Centromacronema</i>			0.03		0.03
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0.73	1.50	3.90	2.93	9.07
		Trichoptera		<i>Smicridea</i>	4.00	3.53	1.83	4.47	13.83
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0.03		0.03		0.07
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0.07	0.03			0.10
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0.10	1.97	0.27	0.50	2.83
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0.13	0.30			0.43
				<i>Polypsectropus</i>		0.03			0.03
	Malacostraca	Decapoda	Trichodactylidae	s.d.				0.07	0.07
Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Hydrobiidae	s.d.	0.17	0.03			0.20
Platyhelminthes	Turbellaria	Trycladida	Dugesidae	<i>Dugesia</i>		0.53			0.53
Densidad total (ind/min)					31.87	35.20	18.13	15.27	100.47
Total taxones					39	45	38	31	

*No se pudo determinar la categoría taxonómica.

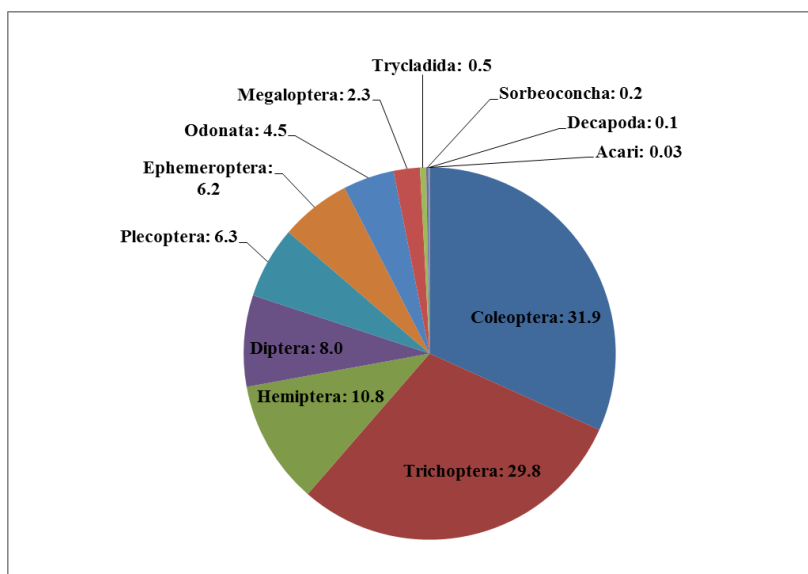


Figura 5. Densidad (en ind/min) de los Órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Santa Marta.

Las familias Hydropsychidae (22.9 ind/min), Elmidae (18.0 ind/min) y Ptilodactylidae (7.9 ind/min), fueron las más representativas, mientras que algunas como Odontoceridae (0.1 ind/min), Coenagrionidae (0.06 ind/min) y Dolichopodidae (0.03 ind/min) presentaron las menores densidades (Tabla 8).

En toda la Ventana, los macroinvertebrados acuáticos con mayor densidad de organismos fueron las larvas de los tricópteros *Smicridea* con 13.8 ind/min, los coleópteros *Heterelmis* con 10.1 ind/min y los también tricópteros *Leptonema* con 9.06 ind/min. Por el contrario, entre algunos de los taxones con menor densidad de organismos estuvieron los efemerópteros de la Familia Baetidae, los dípteros *Chelifera* y el megalóptero *Sialis*, con 0.1, 0.06 y 0.03 ind/min, respectivamente (Tabla 8 y Figura 6).

Entre algunos de los taxones con mayor frecuencia de ocurrencia y alta densidad en la Ventana Santa Marta, estuvieron los Géneros *Heterelmis*, *Helichus*, *Anacroneuria* y *Smicridea*, al registrarse en los cuatro sistemas evaluados (Tabla 12 y Figura 6); otros taxones también frecuentes fueron *Pharceonus* y *Helicopsyche*, los cuales se registraron en tres sitios. Sin embargo, la mayoría de los taxones presentaron distribución restringida a un solo sitio de la Ventana (Tabla 12 y Figura 5).

Los valores de los índices ecológicos calculados para la Ventana Santa Marta se muestran en la Figura 8. En general, se encontraron valores de diversidad que pueden ser considerados como altos, en comparación con lo registrado para las otras ventanas de la región Caribe (Montes de Maria y Ciénaga de Zapatosa). Los sitios con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron la Quebrada 1 y el río Congo (3.1 y 3.0 Nats/ind., respectivamente), mientras que los sistemas con menor diversidad fueron las quebradas Jairo Arenas y Canta Rana (2.7 y 2.4 Nats/ind., respectivamente). En cuanto a la equidad, se observó que los valores para este descriptor fueron de 0.8 para las quebradas más diversas, y de 0.7 para las que tuvieron menor diversidad. Para la dominancia se encontraron valores heterogéneos, pero menores a 0.5 para todos los sitios.

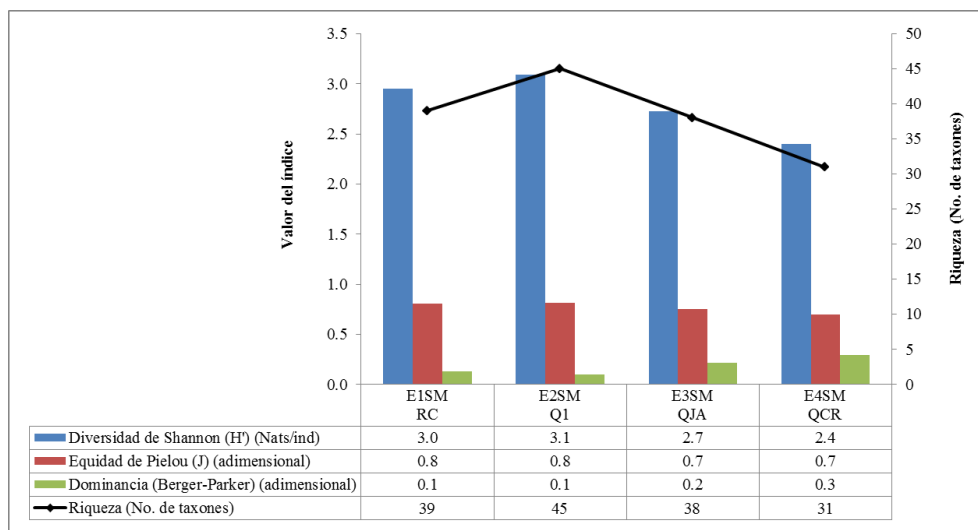


Figura 6. Comparación de los valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Santa Marta. Río Congo: E1SMRC; Quebrada 1: E2SMQ1; Quebrada Jairo Arenas: E3SMQJA; Quebrada Canta Rana: E4SMQCR.

Ventana Ciénaga de Zapatosa

En esta Ventana, en la que predominó la evaluación de sitios en ecosistemas de tipo Lenítico, se registró una densidad de macroinvertebrados de 136.13 ind/min, de los cuales se identificaron 56 taxones, representados en 46 Géneros, 29 Familias, 12 Órdenes, siete Clases y tres Fila (Tabla 9). Arthropoda fue el Filo mejor representado, con una densidad de 91.2 ind/min, mientras que para Mollusca se registró una densidad de 38.7 ind/min y Platyhelminthes de 6.1 ind/min; en consecuencia la Clase Insecta (Arthropoda) presentó

mayor densidad de organismos que Gastropoda (Mollusca) y Turbellaria (Plathyelminthes) (Tabla 9).

En los sitios evaluados en esta Ventana, los Órdenes mejor representados fueron Hemiptera (36.7 ind/min), Coleoptera (28.5 ind/min) y Basommatophora (20.3 ind/min) (Figura 7). Sin embargo, Coleoptera fue el que presentó la mayor riqueza taxonómica con 22 taxones, seguido por otros como Hemiptera con nueve y Odonata con ocho (Tabla 9). Algunos de los Órdenes pobremente representados fueron Veneroida, Decapado y Acari, con valores de 0.33, 0.10 y 0.03 ind/min, respectivamente.

Tabla 9. Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los sitios evaluados en la Ventana Ciénaga de Zapatosa. Ciénaga de Zapatosa sector Pancuiche: E1ZCSP; Ciénaga de Zapatosa corregimiento Candelaria: E2ZCCC; Caño Largo: E3ZQCL; Tres Bocas Saloa: E4ZTBS.

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	E1ZCSP	E2ZCCC	E3ZQCL	E4ZTBS	Densidad total (ind/min)			
Arthropoda	Arachnida	Acari	s.d.	s.d.			0.03		0.03			
	Branchiopoda	Conchostraca	s.d.	s.d.	0.17		0.03	8.43	8.63			
			Curculionidae	s.d.			0.17		0.17			
				<i>Bidessonotus</i>					0.07	0.07		
				<i>Celina</i>			0.03	0.10		0.13		
				<i>Copelatus</i>			0.07			0.07		
			Dytiscidae	s.d.				1.33	0.13	1.47		
				<i>Hydrovatus</i>				0.23	0.13	0.37		
				<i>Laccophilus</i>				0.37	0.10	0.27	0.73	
				<i>Neobidessus</i>				0.03	0.03		0.07	
				Hydrochidae	<i>Hydrochus</i>				0.10	0.03	0.13	
					<i>Berosus</i>		0.23		0.83		1.07	
					<i>Chasmogenus</i>				2.03	0.77	2.80	
				Hydrophilidae	<i>Derallus</i>				0.17	0.07	0.23	
					<i>Enochrus</i>				0.07		0.07	
					<i>Paracymus</i>				0.03	0.17	0.20	
					<i>Tropisternus</i>				1.70	2.00	0.13	3.83
					<i>Hydrocanthus</i>				1.20	1.00	0.10	2.30
					<i>Mesonotus</i>				0.33			0.33
					Noteridae	<i>Pronotus</i>				0.23		0.23
			<i>Suphis</i>				0.03	0.20	0.23			
			<i>Suphisellus</i>				2.77	10.77	0.23	13.77		

		Notonectidae	<i>Buenoa</i>			0.10		0.10
		Staphylinidae	s.d.			0.17		0.17
		Chironomidae	s.d.	1.97	0.43	0.10	8.13	10.63
	Diptera	Culicidae	<i>Culex</i>			0.17	0.17	0.33
			<i>Mansonia</i>		0.43	0.03		0.47
		Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>				0.77	0.77
	Ephemeroptera	Baetidae	s.d.			0.20		0.20
			<i>Callibaetis</i>		0.77		0.63	1.40
		Caenidae	<i>Caenis</i>	0.03				0.03
		Belostomatidae	<i>Belostoma</i>		0.17	0.23	0.33	0.73
		Corixidae	<i>Tenagobia</i>	10.03	19.63	0.07		29.73
			<i>Rheumatobates</i>				0.47	0.47
		Gerridae	<i>Trepobates</i>			0.03	0.07	0.10
	Hemiptera	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>				0.03	0.03
		Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>			0.03		0.03
		Naucoridae	<i>Pelocoris</i>			0.83	0.10	0.93
		Notonectidae	<i>Buenoa</i>		0.07		0.40	0.47
		Pleidae	<i>Neoplea</i>		1.63	2.40	0.20	4.23
		Aeshnidae	<i>Coryphaeschna</i>		0.13	0.07		0.20
		Coenagrionidae	<i>Enallagma</i>				0.97	0.97
			<i>Telebasis</i>				1.30	1.30
	Odonata		<i>Brachymesia</i>				0.07	0.07
			<i>Erythemis</i>		0.03		0.03	0.07
		Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>		0.17	0.10	0.10	0.37
			<i>Macrothemis</i>				0.03	0.03
			<i>Miathyria</i>			0.17	0.07	0.23
	Tryblididae	Dugesidae	<i>Dugesia</i>		0.13			0.13
Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	0.03			0.07	0.10

	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	s.d.	0.33			0.33	
			Ancylidae	s.d.	4.47	0.17	0.47	5.10	
		Basommatop hora		<i>Biomphalaria</i>		0.93	1.20	2.13	
Mollusca	Gastropoda		Planorbidae	<i>Drepanotrema</i>		7.83	5.23	13.07	
				<i>Pomacea</i>			0.07	0.07	
		Sorbeoconch a	Hydrobiidae	s.d.	16.87			16.87	
			Thiaridae	<i>Melanoides</i>		1.20		1.20	
Platyhelminthes	Turbellaria	Trycladida	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>		6.13		6.13	
Densidad total (ind/min)					41.47	41.37	25.00	28.30	136.13
Total taxones					11	26	36	30	

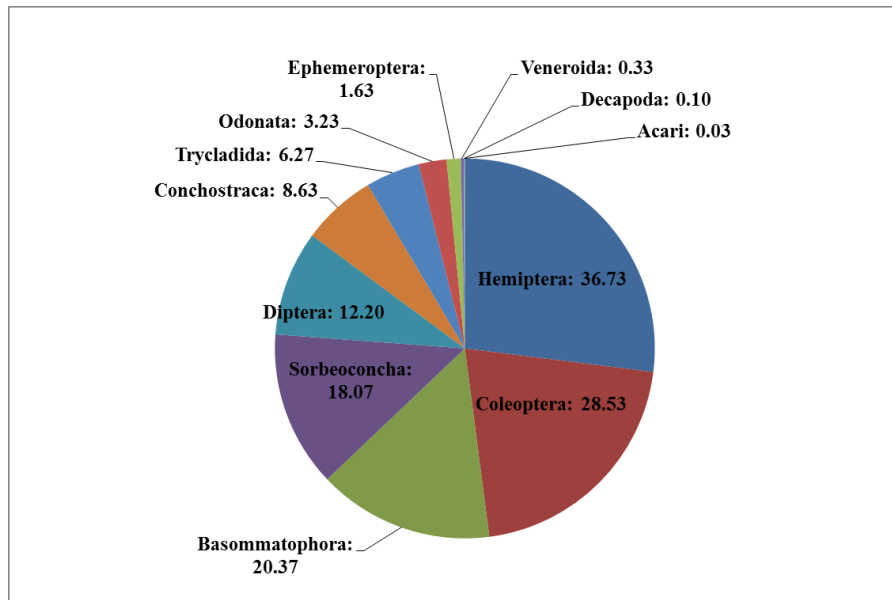


Figura 7. Densidad (en ind/min) de los Órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Ciénaga de Zapatos.

Las familias Corixidae (29.7 ind/min), Noteridae (16.8 ind/min), Hydrobiidae (16.8 ind/min) y Planorbidae (15.2 ind/min) fueron las más representativas, mientras que algunas como Hydrochidae (0.13 ind/min), Palaemonidae (0.10 ind/min) y Caenidae (0.03 ind/min) presentaron las menores densidades (Tabla 9).

En toda la Ventana, los hemípteros el Género *Tenagobia* fueron el taxón mejor representado, con un registro de 29.7 ind/min, seguidos por los moluscos de la Familia Hydrobiidae con 16.8 ind/min y los coleópteros *Suphisellus* con 13.6 ind/min. Por el contrario, entre algunos de los taxones con menor densidad de organismos estuvieron *Macrobrachium* (Decapoda), *Bidessonotus* (Coleoptera) y *Caenis* (Ephemroptera), con 0.1, 0.06 y 0.03 ind/min, respectivamente (Tabla 9).

Los mayores valores de riqueza de taxones, aunque de menor densidad de organismos se registraron en Caño Largo (36 taxones, 24 ind/min) y Tres Bocas (30 taxones, 28.3 ind/min). Un resultado inverso se obtuvo en la ciénaga en los sitios Pancuiche y Calendaria, en donde se registraron las menores riquezas pero las mayores densidades (11 taxones y 41.4 ind/min en Pancuiche, y 26 taxones y 41.3 ind/min en Candelaria) (Tabla 9).

De manera similar a lo encontrado en otras Ventanas de las diferentes regiones evaluadas, los dípteros de la Familia Chironomidae fueron el taxón con mayor frecuencia de ocurrencia en la Ventana Ciénaga de Zapatos, al registrarse en los cuatro sitios

estudiados. Otros taxones también frecuentes en esta Ventana fueron los hemípteros *Tenagobia* y *Neoplea*, los coleópteros *Suphisellus* y los branquiópodos del Orden Conchostraca; otros como los moluscos de la Familia Hidrobiidae y el Género Melanoides, las planarias *Gugesia*, y los odonatos *Telebasis*, fueron algunos de los que presentaron distribución restringida a un solo sitio en la Ventana.

Los valores de los índices ecológicos calculados para la Ventana Ciénaga de Zapatosa se muestran en la Figura 8. En general, se encontraron valores de diversidad que pueden ser considerados como medio-altos en comparación con registrado para las otras Ventanas de la región Caribe. Los sitios con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron Caño Largo y Tres Bocas (2.3 y 2.0 Nats/ind., respectivamente), mientras que los de menor diversidad fueron Pancuiche y Candelaria (1.6 y 1.9 Nats/ind., respectivamente). Pancuiche fue el sitio en el que se obtuvo la mayor equidad con un valor de 0.7, mientras que para los otros tres sitios se registró un valor de 0.6. Para la dominancia se encontraron valores un poco más heterogéneos, oscilando entre 0.3 (en Tres Bocas), 0.4 (en Pancuiche y Caño Largo) y 0.5 (en Candelaria).

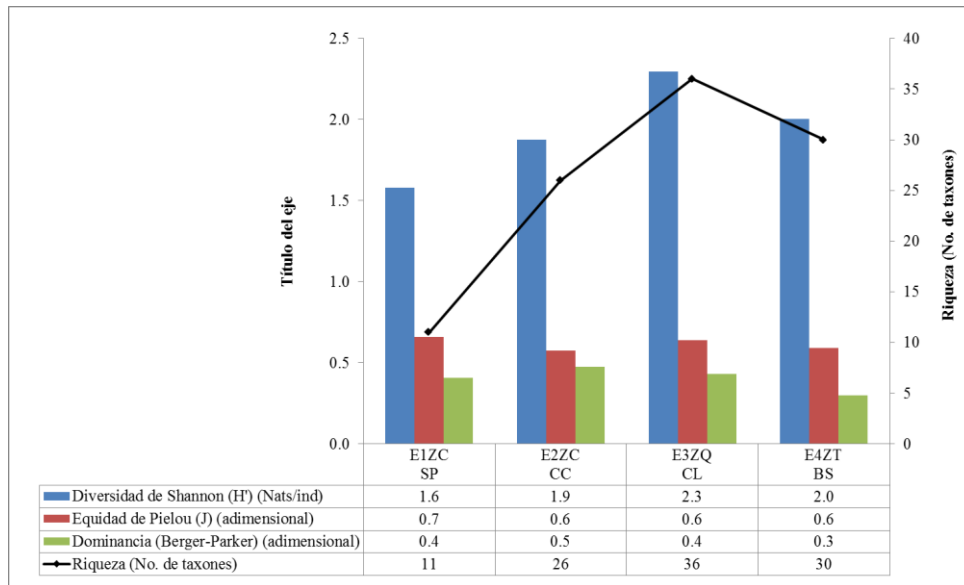


Figura 8. Valores de los índices ecológicos calculados para los sitios evaluados en la Ventana Ciénaga de Zapatosa. Ciénaga de Zapatosa sector Pancuiche: E1ZCSP; Ciénaga de Zapatosa corregimiento Candelaria: E2ZCCC; Caño Largo: E3ZQCL; Tres Bocas Saloa: E4ZTBS.

DISCUSIÓN

Macroinvertebrados

Las diferencias observadas en la estructura ecológica de la comunidad de macroinvertebrados entre las Ventanas, está influenciada directamente por las condiciones en la complejidad de hábitats en cada cuerpo de agua evaluado.

En los sistemas lóticos de la Ventana Montes de María, se encontraron hábitats menos heterogéneos y con mayor grado de intervención antrópica (constituida principalmente por actividades agropecuarias como la ganadería) que los encontrados en los sistemas muestreados en la Ventana Santa Marta. En esta última, los ríos y quebradas presentan franjas de cobertura vegetal ribereña de buena estructura, que aportan estabilidad al cauce y entrada constante de material vegetal, que se convierte en refugio y en ítems alimenticios que son aprovechados por los macroinvertebrados acuáticos. Adicionalmente, los sistemas acuáticos de la Ventana Santa Marta (en particular el río Congo y la Quebrada 1) presentan aguas de buenas características organolépticas (como ausencia de olores y alta transparencia), además de temperatura y concentración de oxígeno normales para quebradas de montaña. La heterogeneidad de mesohábitats

(comprendidos por zonas de rápidos, pozas, salpicaduras, caídas de agua sobre rocas) y de sustratos (rocas, cantos, gravas, arenas, hojarasca, troncos, ramas, etc.), contribuyendo con el mantenimiento de una mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados (Baptista *et al.* 2001, Buss *et al.* 2004). Algunos estudios realizados en ríos de diferentes vertientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, también reportan altos valores de abundancia de organismos y riqueza de taxones de macroinvertebrados asociados con la buena disponibilidad de hábitats y recursos abióticos, como el estudio de grupos funcionales alimenticios realizado por Rodríguez-Barrios *et al.*, (2011), el de distribución espacial de larvas de Trichoptera de Serna *et al.*, (2015) y el de hábitos alimenticios de *Anacroneria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) de Tamaris-Turizo *et al.*, (2007). Esta circunstancia se complementa con el mantenimiento permanente del flujo a lo largo del año, en comparación la alta intermitencia que presentan los cuerpos de agua de la Ventana Montes de María, en especial algunos como los arroyos El Sereno y El Canal, en donde la carencia de flujo podría disminuir el tránsito de nutrientes aguas abajo, minimizando la disponibilidad de recursos alimenticios [como partículas de materia orgánica fina (PMOF) y gruesa (PMOG)], lo que afecta negativamente factores importantes de la historia de vida de los macroinvertebrados como la nutrición (Sweeney 1984).

En la Ventana Montes de María, en arroyos como Pajonal y Pichilín, los cuales presentan flujos menos intermitentes que El Sereno y El Canal, la disponibilidad de hábitats rocosos y partículas de materia orgánica) propician la prevalencia de los efemerópteros de la Familia Baetidae. Los organismos de esta Familia se caracterizan por habitar aguas en zonas de rápidos, en donde se adhieren a la superficie de rocas y/o otros sustratos de origen vegetal, aunque ocasionalmente pueden habitar algunas zonas de pozas o remansos. Se alimentan principalmente recolectando partículas de materia orgánica que se encuentren suspendidas en la columna de agua o depositadas en la superficie de los sustratos (Domínguez *et al.*, 2006; Roldán, 1988).

De igual manera, el aporte constante de material alóctono al cauce (que se evidencia en la presencia de algunos depósitos de material vegetal en Pajonal y Pichilín) ofrece microhábitats óptimos y recursos alimenticios para las larvas de insectos de la Familia Chironomidae (orden Diptera), otro taxón que presentó alta abundancia en la Ventana Montes de María. Los dípteros (moscas y zancudos), son uno de los órdenes de insectos acuáticos mejor adaptados a ecosistemas lóticos. Se pueden encontrar en diferentes mesohábitats como zonas de rápidos y pozas, y diferentes tipos de sustratos de tipo

vegetal (hojarasca, troncos, ramas, raíces sumergidas) y rocoso (rocas, cantos, gravas, arenas), siendo más abundantes en sitios con alta carga de materia orgánica en descomposición, la cual constituye su principal componente alimenticio. Los individuos de la familia Chironomidae, pueden llegar a ser indicadores de aguas medianamente contaminadas ya que soportan bajas concentraciones de oxígeno, pues algunos grupos de esta familia contienen hemoglobina en su hemolinfa, lo que les permite tener un mejor transporte de oxígeno (Roldán, 1988; Paggi, 2009). Por tal razón los Chironomidae, que en ríos neotropicales son de hábitos alimenticios principalmente recolectores (Tomanova *et al.*, 2006), constituyeron otro de los taxones de macroinvertebrados dominante en la Ventana.

En los cuerpos de agua de la Ventana Santa Marta, se observa cómo la distribución espacial de la comunidad de macroinvertebrados se aproxima a la distribución de grupos funcionales alimenticios propuesto por Vannote *et al.*, (1980), en donde la dominancia de un gremio trófico en particular se da en función de los recursos disponibles en un tramo, dependiendo de la ubicación de éste en la cuenca. Dado que los sitios muestreados se ubican en la cuenca media-baja de cada cuerpo de agua, a esta altura de los cauces se ha incorporado materia orgánica que en el recorrido aguas abajo ha tenido fragmentación mecánica, convirtiéndose en recurso para macroinvertebrados filtradores-recolectores como las larvas de tricópteros *Smicridea* y *Leptonema*, las cuales aprovechan la materia orgánica como su principal recurso alimenticio. La disponibilidad de recursos abióticos (granos de arena, pequeñas rocas), permiten a estas larvas construir sus refugios con piedrecitas, granos de arena y material vegetal, el cual incorporan a la red de seda en donde recolectan las partículas de materia orgánica, e incluso otros invertebrados acuáticos derivantes que quedan atrapados en la red (Wiggins, 1996; McCafferty, 1998; Holzenthal *et al.* 2007).

En los ecosistemas de tipo lenítico, los sustratos asociados a la zona litoral, también influyen la composición de la fauna de macroinvertebrados acuáticos. En sistemas leníticos los sustratos de origen orgánico como raíces de macrófitas, hojarasca, ramas, pastos (asociados a los terrenos aledaños al cuerpo de agua), algas y otras hidrófitas vasculares, propician un aumento en la diversidad de especies de macroinvertebrados, ya que favorecen el aumento del área superficial potencialmente colonizable, principalmente en el caso de las raíces de macrófitas flotantes y emergentes (Minshall, 1984). Por consiguiente, en sitios como Caño Largo y Tres Bocas, los cuales presentaban alta

cobertura de macrófitas, se encontró una comunidad de macroinvertebrados más diversa que en Pancuiche y Candelaria.

Un estudio realizado en un complejo cenagoso del Bajo Sinú (departamento de Córdoba) por Quirós-Rodríguez *et al.*, (2010) en el que se evaluó la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a raíces de la macrófita *Eichhornia crassipes*, mostró que esta planta ofrece un hábitat que propicia alta densidad de organismos y diversidad de grupos de insectos, los cuales estuvieron conformados principalmente por hemípteros, coleópteros y odonatos, en donde los depredadores constituyeron la categoría trófica dominante. Dichos resultados se aproximan a lo encontrado en la presente evaluación en los sitios de la ciénaga de Zapatosa. Asimismo, otro factor que explica los resultados de la estructura ecológica de los macroinvertebrados está directamente relacionado con la dinámica hidráulica en la conexión de los ríos Cesar y Magdalena con la ciénaga, ya que en sistemas cenagosos tropicales los ciclos de inundación (entrada y salida de agua) direccionan las dinámicas ecológicas de la biota acuática, como lo es la alimentación, el crecimiento y la supervivencia de los organismos.

La entrada de agua estimula la remineralización y entrada de nutrientes, aumentando la producción primaria y secundaria. Por tal razón, los menores valores de riqueza registrados en Candelaria y Pancuiche pueden ser debidos a que en el momento del muestreo el nivel del agua en estos lugares estuvo más bajo de lo normal, tal vez por la poca conectividad con los ríos, disminuyendo la disponibilidad de recursos alimenticios para los diferentes grupos de macroinvertebrados acuáticos, reflejándose en menor diversidad. Sin embargo, la disponibilidad de partículas de materia orgánica acumulada en los sitios evaluados, es aprovechada por organismos de diferentes hábitos tróficos, entre los que se destacan los recolectores (como el caso de los quironómidos, uno de los taxones que presentó alta abundancia de organismos), aumentando por consiguiente la disponibilidad de presas para organismos de hábitos depredadores y carroñeros (como *Tenagobia*, Hidrobiidae y *Suphisellus*), quienes constituyeron los taxones dominantes.

Con el ingreso de aguas a la ciénaga se expande el espejo de agua por el efecto de llenado, lo que provee una nueva entrada de material alóctono proveniente de las áreas aledañas, incorporándose por ende nuevas cargas de nutrientes que pueden mejorar la productividad del sistema (Winemiller, 2004). Aunque en un comienzo bajo esta dinámica la densidad de organismos puede ser baja por el efecto de dilución, con el tiempo se alcanza

nuevamente un equilibrio en las poblaciones, a la vez que nuevos individuos ocupan los hábitats disponibles, incrementándose una vez más la diversidad de macroinvertebrados.

CONCLUSIONES

El número de taxones de macroinvertebrados acuáticos de común ocurrencia en los sistemas evaluados en las tres ventanas puede ser considerado como bajo, debido posiblemente a la existencia de barreras físicas (como cadenas montañosas) y a diferencias en los tipos de ambientes, lo que limita la dispersión de la mayoría de los taxones.

La heterogeneidad en la composición del ensamblaje y las diferencias en los valores de diversidad, se debe a que los muestreos se hicieron en sistemas acuáticos de diferente tipo, es decir, lóticos y leníticos. Por esta razón se puede concluir que los sistemas leníticos como las ciénagas, ofrecen una gran cantidad de alternativas para que organismos con diferentes estrategias de vida colonicen y proliferen este tipo de sistemas, a lo que se suma que las comunidades habitantes de estos sistemas no son tan dependientes de los sustratos rocosos y el caudal. En los sistemas lóticos, los ensamblajes fitoplanctónicos y de macroinvertebrados dependen de un mayor número de factores como el tipo de sustrato, el caudal y el régimen de pluviosidad para poder colonizar y proliferar este tipo de sistemas. El paisaje contrastante entre las ventanas hace que la composición y densidad del perifiton y los macroinvertebrados, resulte muy disímil entre ellas. Esto a su vez es reflejo de la heterogeneidad ambiental, representada en hábitats aparentemente diferentes, que le confieren ventajas a ciertos taxones en particular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Chimichagua. 2012. Fecha de consulta: 16 de julio del 2015. Web: http://www.chimichagua-cesar.gov.co/informacion_general.shtml#identificacion
- Arita H. & Rodríguez P. 2004. Local-regional relationships and the geographical distribution of species. *Global Ecology and Biogeography* 13: 15–21.

- Buss DF, Baptista DF, Nessimian JL, Egler M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 518: 179-188.
- Charles D., Acker F., Hart D., Reimer C. & Cotter P. 2006. Large-scale regional variation in diatom-water chemistry relationships: Rivers of the eastern United States. *Hydrobiologia* 561: 27 –57.
- Domínguez E. & Fernández H. (eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. 656 pp.
- Domínguez E., Molineri C., Pescador M., Hubbard M. & Nieto C. 2006. Ephemeroptera de América del Sur. *En*: Adis J., Arias J.R., Rueda-Delgado G. & Wantzen K.M. (eds.). Biodiversidad Acuática en América Latina. Vol 2. Sofia (Bulgaria): Pensoft Publishers. 646 pp.
- Holzenthal RW, Blahnik RJ, Prather AL, Kjer KM. 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*, 1668: 639-698.
- Machado T. & Rincón J. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias y Naturales. Medellín. p. 274.
- Margalef R. 1980. La biosfera: entre la termodinámica y el juego. Omega. 236 p.
- McAleece N. 1997. BioDiversity Professional version 2. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
- McCafferty WP. 1998. Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Boston (U.S.A.): Jones and Bartlett Publishers. p. 450.
- Merritt R., Cummins K. & Berg M. (eds.). 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. 1158 pp.
- Minshall GW. 1984. Chapter 12, Aquatic insect-substratum relationships. *En*: Resh VH, Rosenberg DV (eds.). The ecology of aquatic insects. New York (U.S.A.): Praeger Publishers.
- Paggi AC. 2009. Capítulo 13: Diptera Chironomidae. *En*: Domínguez E, Fernández HR (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 656.

- Posada-García J. & Roldán-Pérez G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. *Caldasia*. 25 (1): 169-192.
- Quirós-Rodríguez JA, Dueñas-Ramírez PR, Ballesteros-Correa J. 2010. Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias*, 22: 147-157.
- Rangel-Ch. 1997. Fecha de consulta: 16 de julio del 2015. Web: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12227/1/1190378.2013.pdf>
- Rangel-Ch. 2000. Fecha de consulta: 16 de julio del 2015. Web: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12227/1/1190378.2013.pdf>
- Ramírez A. 2010. Capítulo 2: Métodos de recolección. *En*: Springer M. Ramírez A. Hanson P (eds.). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical*. 58(4): 41-50.
- Rodríguez-Barrios J, Ospina-Tórres R, Turizo-Correa R. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1537-1552.
- Roldán G. (ed.). 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá Fondo FEN - Colombia. 217 pp.
- Serna DJ, Tamaris-Turizo CE, Gutiérrez-Moreno LC. 2015. Distribución espacial y temporal de larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 63(2): 465-477.
- Sweeney BW. 1984. Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. *En*: Resh VH, Rosenberg DV, editors. *The ecology of aquatic insects*. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 56-100.
- Tamaris-Turizo CE, Turizo-Correa R.R., Zúñiga M.C. 2007. Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia*, 29(2): 375-385.
- Tomanova S, Goitia E, Helesic J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of
- Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.
- Wantzen K. & Rueda-Delgado G. 2009. Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. *En*: Domínguez E. & Fernández H.R. (eds.). 2009. *Macroinvertebrados*

bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. 656 pp.

Wiggins G. 1996. Larvae of the North America caddisfly genera (Trichoptera). Second Edition. Toronto (Canada): University of Toronto Press. 457 pp.

Winemiller KO. 2004. Floodplain river food webs: generalizations and implications for fisheries management. En: Welcomme RL, Petr T (eds.). Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries. Volume 2, Phnom Penh (kingdom of Cambodia). P. 285-309.