

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SINÚ (CÓRDOBA-COLOMBIA) MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

*Alfredo Flórez Ramos¹; Humberto Tavera Quiroz²; Beatriz Rueda Linares³; Dayana Agudelo
Castañeda⁴*

RESUMO --- Una alternativa adecuada para evaluar la calidad del agua en ríos y demás cuerpos de agua consiste en la cuantificación de especies de macroinvertebrados presentes. Los macroinvertebrados acuáticos, colectados en el sitio de muestreo, son testigos fieles y permanentes de la situación real del ecosistema y por ello, el análisis de la estructura de esta comunidad, permite hacer un diagnóstico muy rápido y económico de las condiciones del ecosistema, razón por la cual, están siendo utilizados como bioindicadores de la calidad del agua. El presente trabajo evaluó la calidad del agua en el río Sinú en el departamento de Córdoba ubicado al norte de Colombia, empleando el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party). Se recolectaron muestras de macroinvertebrados y de agua en 6 estaciones a lo largo del río. Se analizaron parámetros físico-químicos del agua y estructuras de las comunidades presentes. Finalmente fue elaborado un mapa de calidad del agua a lo largo del río basado en la adaptación hecha para Córdoba del índice BMWP, en donde solo se presentaba alteración de la calidad del agua en zonas cercanas a la ciudad de Montería, debido al alto grado de urbanización que presenta.

ABSTRACT --- An suitable alternative to evaluate the water's quality in rivers and other freshwater bodies consists of the quantification of macroinvertebrate's species presents. The aquatic macroinvertebrates, collected in the sampling site, are faithful and permanent witnesses of the real situation of the ecosystem and for this reason, the analysis of the structure of this community, allows to make a diagnosis very fast and economic of the conditions of the ecosystem, reason of which, they are being used like bioindicators of the water's quality. The present work evaluated the quality of the water in the river Sinú in the department of Cordoba located to the north of Colombia, using BMWP Index (Biological Monitoring Working Party). Samples of macroinvertebrates and water were collected in 6 stations throughout the river. They were analyzed physic-chemicals parameters and macroinvertebrate's communities presents. Finally a map of quality of the water throughout the river based on the adaptation done for Cordoba of BMWP Index was developed, where alteration of the quality of the water in zones near the city of Montería only appeared, due to the high degree of urbanization that presents.

Palabras-chave: qualidade da agua, bioindicadores, índice BMWP.

¹Profesor catedrático UPB, Km 8 vía Cereté – Colombia. Email: alflorez@edatel.com.co

²Candidato a Magíster. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Professor asistente UPB, Km 8 vía Cereté – Colombia. Email: hctq27@yahoo.com.

³Profesor catedrático, directora del grupo de limnología UPB, Km 8 vía Cereté – Colombia. Email: sanitaria@upbmonteria.edu.co

⁴Candidata a Magíster. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Av Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre – Brasil. Email: dayanam25@gmail.com.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis y caracterización de los ecosistemas acuáticos generalmente se ha realizado con base en parámetros fisicoquímicos, que además de costosos, son muy puntuales. Dan información del ecosistema en el momento en que se toman las muestras, las cuales pueden variar en el transcurso del día, acorde con la influencia de factores circunstanciales como el derrame o vertimiento accidental o deliberado de algún contaminante.

Los macroinvertebrados acuáticos, colectados en el sitio de muestreo, son testigos fieles y permanentes de la situación real del ecosistema y por ello, el análisis de la estructura de esta comunidad, permite hacer un diagnóstico muy rápido y económico de las condiciones del ecosistema, razón por la cual, están siendo utilizados como bioindicadores de la calidad del agua.

Recientemente, el estudio de bioindicadores de calidad del agua en Colombia ha seguido desarrollándose en forma acelerada y entre sus gestores se destacan Pinilla (1998), Roldán (2003), Zúñiga (2004) cuyos trabajos han tenido aceptación internacional. Riss y otros (2002) publicaron trabajos donde establecían valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá.

En el río Sinú localizado en el departamento de Córdoba al norte de Colombia, se realizó el trabajo sobre factores bióticos y abióticos por parte de la Universidad de Córdoba (1985), donde se logró hacer un inventario preliminar de la fauna béntica del río Sinú y sus ciénagas anexas, lo cual se constituyó como el primer referente sobre la bioindicación en esta parte del país.

Sin embargo, la aplicación de técnicas de bioindicación en cuerpos de aguas superficiales en el departamento de Córdoba aun son escasos, razón por la cual este trabajo pretende contribuir con la adaptación y validación de una metodología basada en macroinvertebrados acuáticos, para determinar la calidad de las aguas del río Sinú, implementando el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party).

El BMWP, consiste en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos hasta el nivel taxonómico de familia en diez grupos dentro de una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los ecosistemas acuáticos. Los puntajes van de uno a diez de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación, en donde las familias más sensibles a la contaminación, reciben un puntaje de diez; en cambio, las más tolerantes, reciben una puntuación baja (por ejemplo uno).

Los datos que se utilizan son de tipo cualitativos (presencia / ausencia), por lo tanto el puntaje total del índice BMWP se obtiene al sumar los puntajes de tolerancia de todas las familias y el cual se obtiene de la tabla 1. De acuerdo con el valor obtenido del índice para cada situación, este se correlaciona con 6 clases de calidad de aguas y un respectivo significado al que se le asigna

además un color determinado, que será utilizado posteriormente para marcar las estaciones dentro del mapa diagnóstico de la calidad del agua del río. De acuerdo con Tercedor (1996), el principal problema de establecer límites estrictos de calidad de aguas radica en la necesidad de reconocer situaciones intermedias entre unos y otros.

2. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionaron seis estaciones de muestreo a lo largo del río Sinú las cuales se monitorearon a lo largo de las temporadas seca, lluviosa y en la intersección entre éstas, durante el período comprendido entre Julio de 2006 y Junio de 2007 siguiendo la metodología establecida para tales fines e implementada por autores nacionales e internacionales, donde se destacan Alba-Tercedor y Prat (1992), Alba-Tercedor (1996), Lozano-Quillis et al (1996), Domínguez et al (1992, 94, 95, 98, 01), Roldan (1973, 85, 88, 92,03), Ramírez (1981), Álvarez (1983), Correa (1981), Arango (1983), Bedoya (1984), Viña y Restrepo (1990), Flórez (1994), Pinilla (1998), Zúñiga (1985, 93). Las estaciones monitoreadas fueron (aguas abajo): Angostura (AG), Pasacaballos (PC), Nueva Colombia (NC), Montería (MA), Lorica (LC) y Caño grande (CG), las cuales aparecen referenciadas en la figura 1.

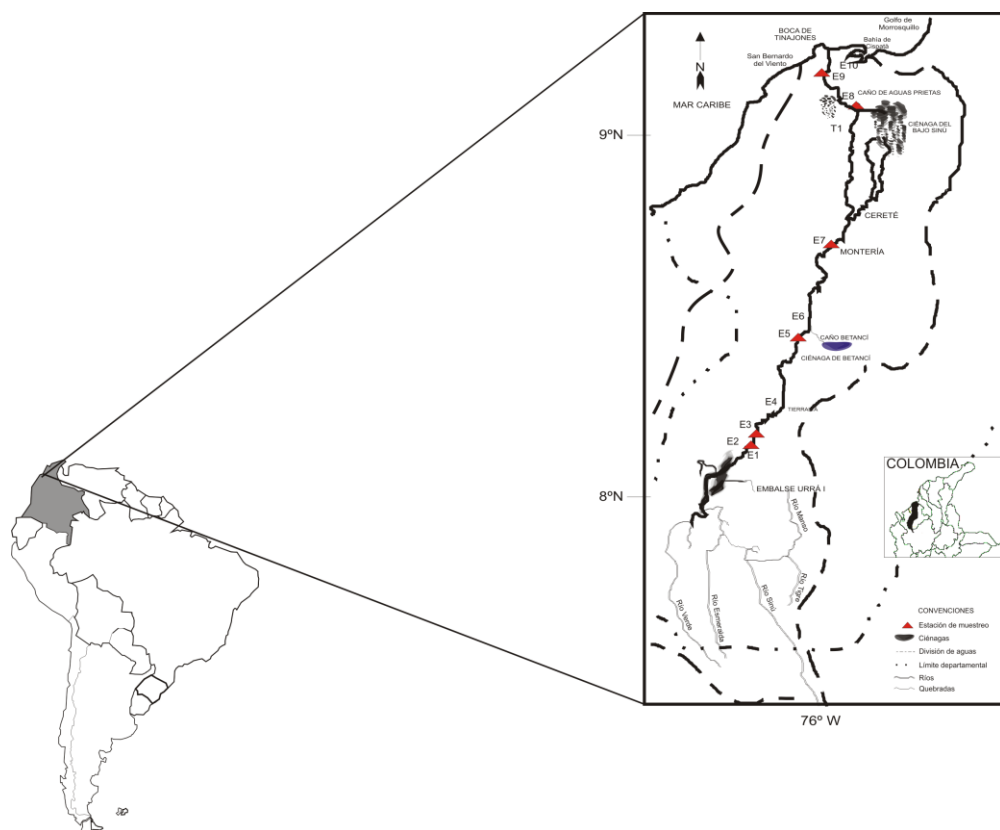


Figura 1 - Localización geográfica de las estaciones monitoreada en la Cuenca del Río Sinú

Se utilizó la draga Ekman para tomar la muestra del fondo, redes para atrapar organismos asociados a las macrófitas acuáticas, red de pantalla para estaciones con poca profundidad (temporada seca) y pinzas punta fina para capturar directamente de piedras y troncos, los macro invertebrados allí adheridos. Estas muestras al igual que las raíces de plantas flotantes o del litoral se depositaron en bolsas plásticas con alcohol al 96% para su posterior separación y clasificación en el laboratorio, utilizando para esto, claves taxonómicas y estéreo microscopio. Paralelamente al muestreo biológico se tomaron muestras de agua del río para determinar parámetros fisicoquímicos (Métodos estandarizados AWWA, 2001) en el laboratorio de aguas de la Universidad Pontificia Bolivariana, con el objeto de establecer la relación entre el valor de estos parámetros y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y corroborar así la bioindicación de los organismos colectados. En zonas profundas y con sustrato blando se implementó la utilización de sustratos artificiales.

Los datos obtenidos durante el período de muestreos fueron organizados en hojas de cálculo del programa EXCEL© en las que se referenciaron las especies registradas en las distintas estaciones de muestreo y su respectiva abundancia.

Para obtener una panorámica general de la diversidad de los diferentes sitios, se efectuaron cálculos de los índices ecológicos más utilizados en el campo de la diversidad, mediante la aplicación del programa PAST versión 1.24. Los índices calculados fueron la riqueza de especies, diversidad de Shannon, uniformidad de Pielou y dominancia de Berger-Parker.

Para la obtención del índice BMWP/Col se tomó como referente la tabla de valores establecida por Roldan en el 2003 (tabla 1), y se propone una nueva tabla pero ajustándola con valores de la región cordobesa, acorde con las diversas observaciones obtenidas de la fauna local y los resultados del trabajo reciente, realizado por Garcés y Arrieta (2006) en ríos de Córdoba, la cual se llamará BMWP/Cord.

Con los valores obtenidos para los dos índices BMWP se procedió a elaborar el mapa de calidad del agua del río Sinú, tomando como referencia los valores descritos en la tabla 2.

Tabla 1 – Valores del BMWP Colombia

FAMILIAS	PUNTUACION
Celenterata: Hydridae Plecoptera: Perlidae Ephemeroptera: Oligoneuriidae Coleoptera: Psephenidae, : Ptylodactilidae Trichoptera: Calamoceratidae, Anomalopsychidae	10
Odonata: Polythoridae Ephemeroptera: Euthyplociidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Trichoptera: , Odontoceridae, Philopotamidae Coleoptera	9
Odonata: Lestidae Ephemeroptera, Polymitarciidae Trichoptera: Leptoceridae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Helicopsychidae Coleoptera: Hydraenidae Hemiptera: Saldidae, Hebridae Diptera: Simuliidae,	8
Odonata: Coenagrionidae, Megapodagrionidae, Calopterygidae, Ephemeroptera: Caenidae Hemiptera: , Saldidae Megaloptera: Corydalidae, Sialidae Trichoptera: Glossosomatidae, Polycentropodidae, Hydropsychidae, Hidroptilidae Coleoptera: Dryopidae,	7
Trichoptera: , Coleoptera: Lampyridae, Lutrochidae, Limnichidae Odonata: Libellulidae Mollusca: Ancyliidae, Neritidae, Viviparidae Crustacea: Atyidae, Trichodactilidae, Grapsidae, Ocypodidae, Portunidae	6
Diptera: , Tabanidae Hemiptera: Gelastocoridae, Mesoveliidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae, Gerridae Coleoptera: Staphilinidae, Hydrochidae, , Gyridae, Dytiscidae Ephemeroptera: Leptohiphidae, Baetidae Odonata: Gomphidae Mollusca: Unionidae, Planorbidae Crustacea: Palaemonidae Lepidoptera: Pyralidae	5
Diptera: Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Hemiptera: Corixidae, Nepidae, Hydrometridae Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae, Noteridae, Scirtidae, Haliplidae, Elmidae, Scarabaeidae Mollusca: Sphaeriidae, Thiaridae, Hidrobiidae, Ampullariidae Tricladida: Planariidae, Dugesidae Hidracarina: Limnysiidae, Hydrachnidae	4
Diptera: Muscidae, Sciomizyidae, Ceratopogonidae, , Tipulidae, Hemiptera: Belostomatidae, , Coleoptera: Hydrophilidae, Mollusca: Valvatidae, Physidae, Limnaeidae Hirudinea: Glossiphonidae, Erpobdellidae, Cyclobdellidae, Ozobranchidae	3
Diptera: Chironomidae, Culicidae, Psychodidae	2
Diptera: Tubificidae, Syrphidae	1

Tabla 2 – Calidad del agua según índice BMWP

CLASE	CALIDAD	VALOR BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Muy Buena	> 150	Aguas muy limpias	Azul fuerte
II	Buena	100 – 150	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul claro
III	Aceptable	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
IV	Dudosa	36 – 60	Aguas contaminadas	Amarillo
V	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al muestreo de macroinvertebrados realizados, las comunidades halladas se presentan en las figuras 2 y 3, en orden decreciente de abundancia.

Esta riqueza de fauna colectada indica a simple vista, que las condiciones bióticas del río Sinú son bastante buenas, donde solo una de las estaciones, concretamente Montería (MA), mostró una disminución del número de especies y de organismos de macroinvertebrados, lo cual es síntoma de un deterioro ambiental, causado principalmente por la gran actividad de los areneros, el lavado vehicular y el depósito de una cantidad no despreciable de desperdicios orgánicos y basuras en general.

Los índices ecológicos encontrados en el estudio, se encuentran registrados en la tabla 3.

Tabla 3 - Índices ecológicos en el Río Sinú

INDICES	AG	PC	NC	MA	LC	CG
Riqueza	43	48	30	19	30	33
Individuos	238	304	150	41	91	135
Dominancia	0,046	0,041	0,076	0,070	0,080	0,126
Diversid. Shannon	3,395	3,458	3,017	2,788	3,013	2,72
Uniformidad	0,902	0,893	0,887	0,946	0,886	0,777
Índice BMWP/Col	165	197	127	76	97	130
Índice BMWP/Cord	128	169	104	58	70	102

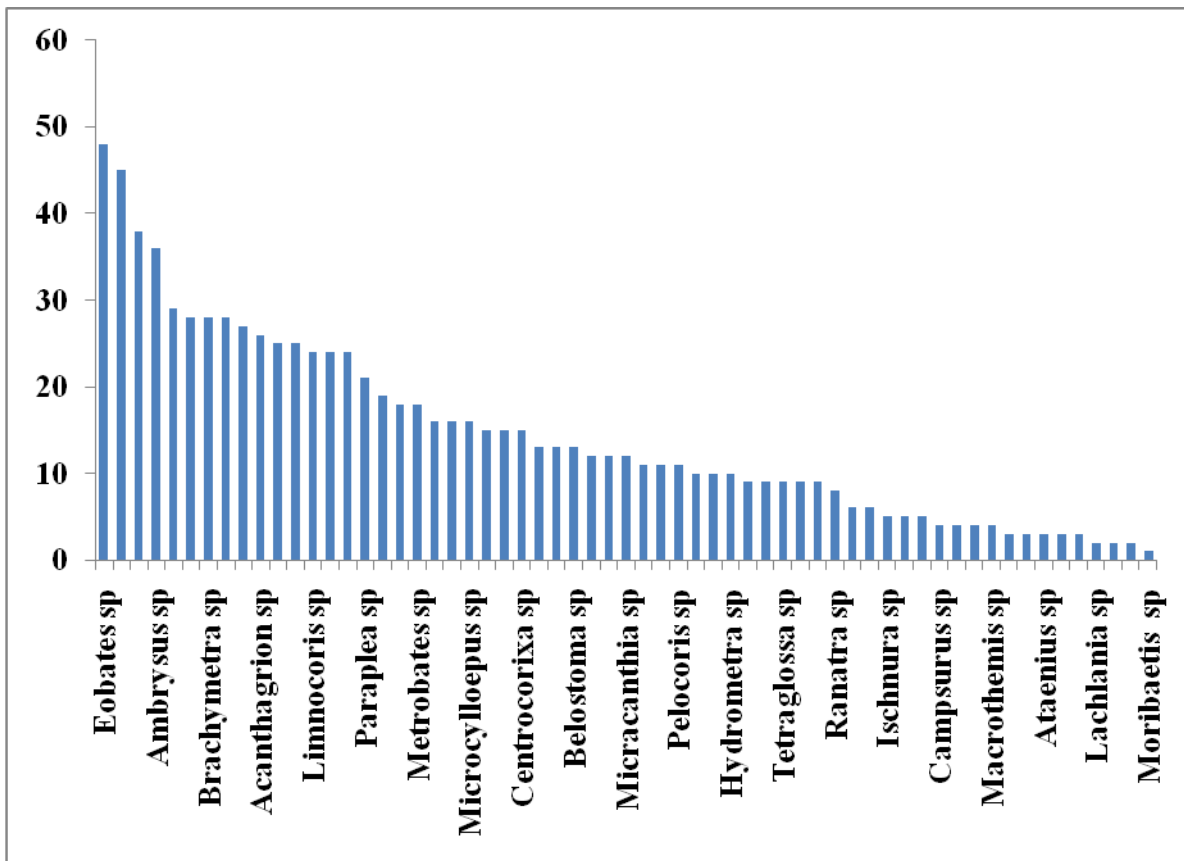


Figura 2 - Abundancia de principales especies en el Río Sinú (período 2006 – 2007)

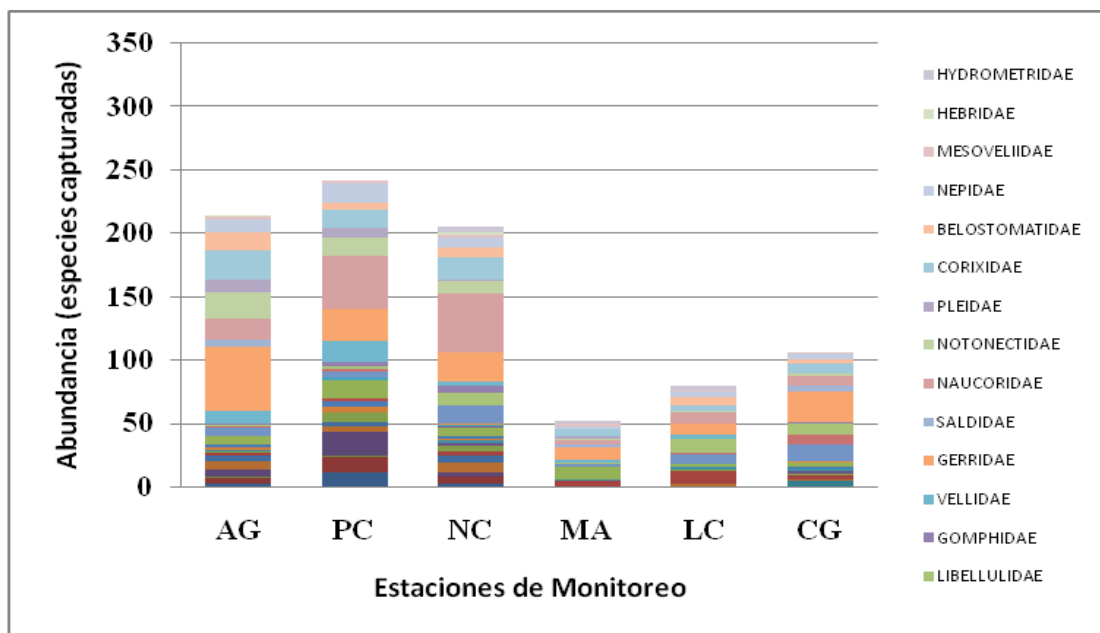


Figura 3 - Abundancia de principales especies por estación de monitoreo en el Río Sinú (período 2006 – 2007)

Los valores de los índices de Shannon y BMWP resultaron bastante altos, indicando las buenas condiciones bióticas del río en los sitios monitoreados.

El valor mas alto del BMWP/Col al igual que el BMWP/Cord, objetivo principal de este trabajo, se obtuvo en la estación Pasacaballos, seguidas en orden descendente por Angostura, Nueva Colombia, Caño Grande, Aguas Prietas y Montería. Esta secuencia indica a su vez el estado de la calidad del ecosistema en dichas estaciones

Con los índices biológicos obtenidos y aplicando la metodología adaptada por Roldán (2003), la adaptación del BMWP Córdoba presentó el siguiente comportamiento (Figura 4).

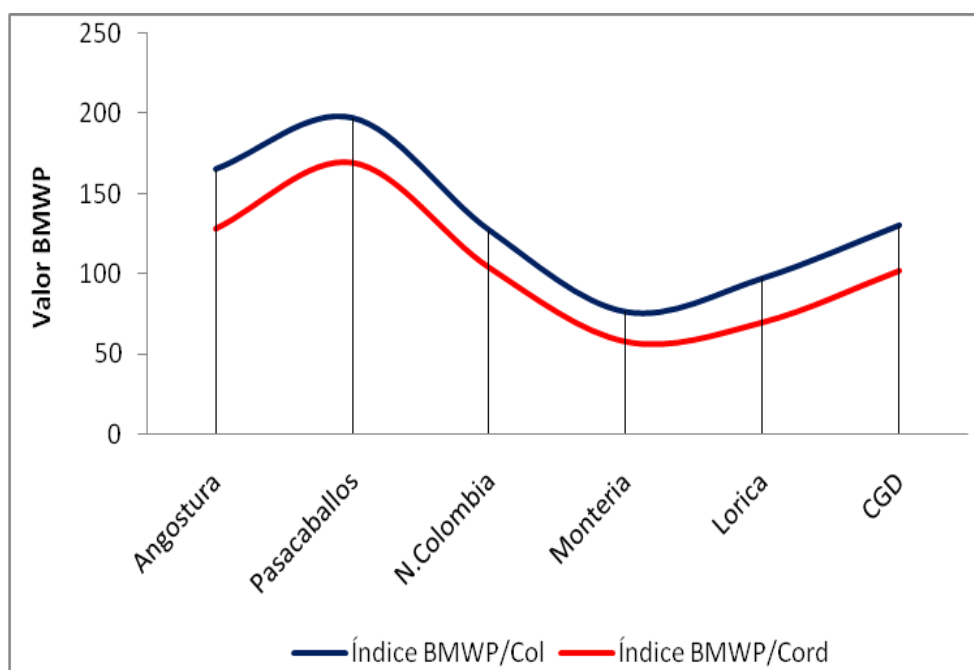


Figura 4 - Relación gráfica del índice BWMP Col/BMWP Córd en el Río Sinú (2006 - 2007)

Se observa que la tendencia de ambos índices a lo largo del recorrido en el río es similar. Se observa que el BMWP/Cord es más bajo que el BMWP/Col lo cual trae como consecuencia que puede detectar con más precisión alteraciones en el ecosistema y en el caso concreto, se muestra más crítico en la estación Montería, donde la alteración de la geomorfología del cauce y el vertimiento directo de desechos domésticos (en su mayoría) e industriales modifican las condiciones ideales para el desarrollo de algunas especies consideradas.

Se puede asegurar es que hay concordancia en utilizar algunas familias como bioindicadoras de buena calidad del agua como es el caso de PERLIDAE y PSEPHENIDAE, y familias que son bioindicadores de aguas con alto grado de contaminación como son las familias TUBIFICIDAE Y

CHIRONOMIDAE. Algunas imágenes obtenidas de los macroinvertebrados encontrados durante las jornadas de monitoreo, aparecen en la figura 5.

Es importante aclarar que la presencia de estos organismos por si solo no es significativo al menos que la estructura de la comunidad muestre una buena representatividad de los mismos en el sitio monitoreado. Es previsible que por causas de deriva, alguno de estos organismos pueda ser arrastrado ocasionalmente de un sitio de condiciones diferentes y mantenerse vivo por algún tiempo que puede coincidir con el momento de la colecta.



Figura 5 - Fotografías de especies capturadas

De acuerdo a los resultados obtenidos en el monitoreo de algunos parámetros físico-químicos, se observa en la figura 6 que los principales problemas de alteración de la calidad del agua por vertimientos de aguas residuales (oxígeno disuelto, DQO y DBO₅, referenciadas con el eje secundario) son más acentuados, sin llegar a una condición crítica entre los puntos Nueva Colombia y Lorica, razón por la cual, son en estos puntos donde algunas comunidades importantes presentan alteraciones en cuanto a dominancia. Otro aspecto a evaluar es que precisamente, por el grado de desarrollo económico de este sector del río, las alteraciones en la parte física del cauce (extracción de material del río, construcción de obras civiles, etc.) también pueden estar alterando algunos factores importantes en el mantenimiento de estas especies, lo cual se reflejó muy notoriamente en la escasa fauna de macroinvertebrados que allí se colectó lo cual conduce producir el menor valor del índice BMWP de las estaciones estudiadas. Después de pasar por Lorica (Caño Aguas Prietas), el río tiende a su recuperación natural, lo que también se refleja en el BMWP obtenido a la altura de Caño Grande.

En cuanto a la presencia de nutrientes en exceso, las formas de nitrógeno no ofrecen problema alguno, ya el fósforo en forma de fosfato si puede ocasionar serios problemas con concentraciones iguales o menores a 0,001 mg/L (EPA, 2004). En los resultados obtenidos, se alcanzan valores superiores a este, y las consecuencias solo se verán reflejadas una vez el agua se encuentre en ecosistemas lénticos, ocasionando probablemente serios problemas de eutrofización.

Como último objetivo de este trabajo, a continuación se presenta (figura 7) una versión preliminar y no conclusiva del mapa de calidad de aguas del Río Sinú basado en los resultados obtenidos. En este, sólo se definieron colores a los puntos monitoreados. De éstos, sólo la estación Montería se colorea de verde con base al BMWP/Col y amarillo con base al BMWP/Cord, indicando que es evidente algunos efectos de contaminación y catalogándola de calidad aceptable y dudosa respectivamente, acorde con la clasificación establecida por el BMWP (Garcés y Arrieta, 2006).

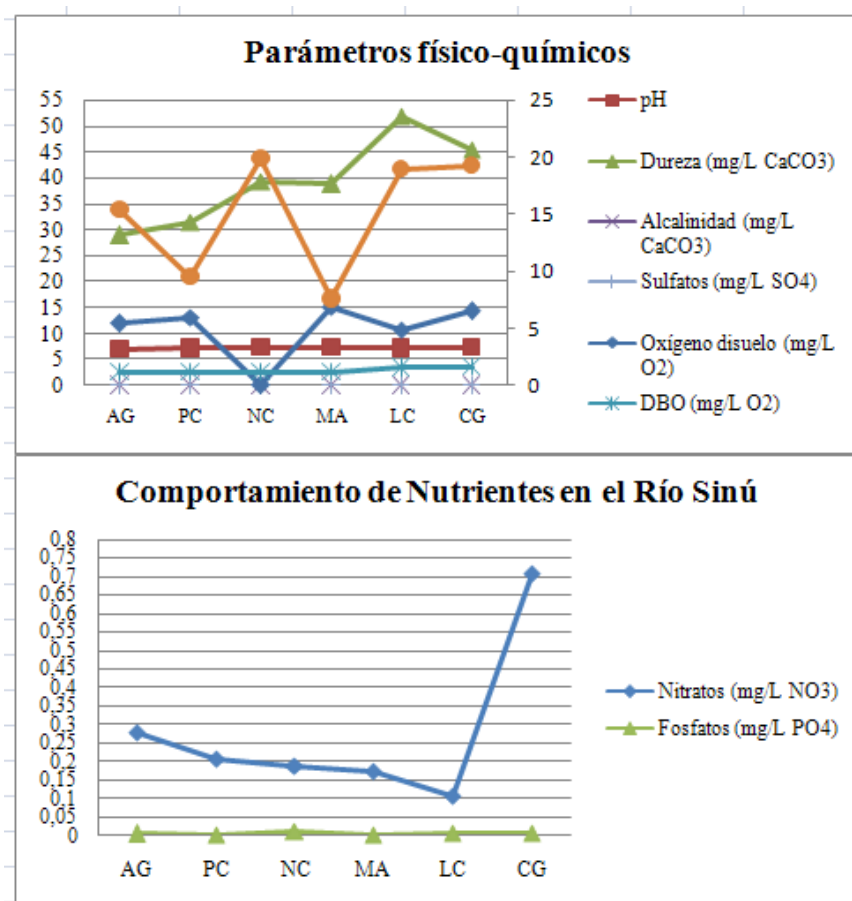


Figura 6 - Parámetros físico químicos monitoreados en el Río Sinú (periodo 2006 – 2007)

Con base en ésta, también se hace distinción entre los colores azul fuerte de Angostura, Pasacaballos y Caño Grande para indicar aguas muy limpias y el color azul claro de Aguas Prietas para indicar aguas no alteradas de modo sensible.

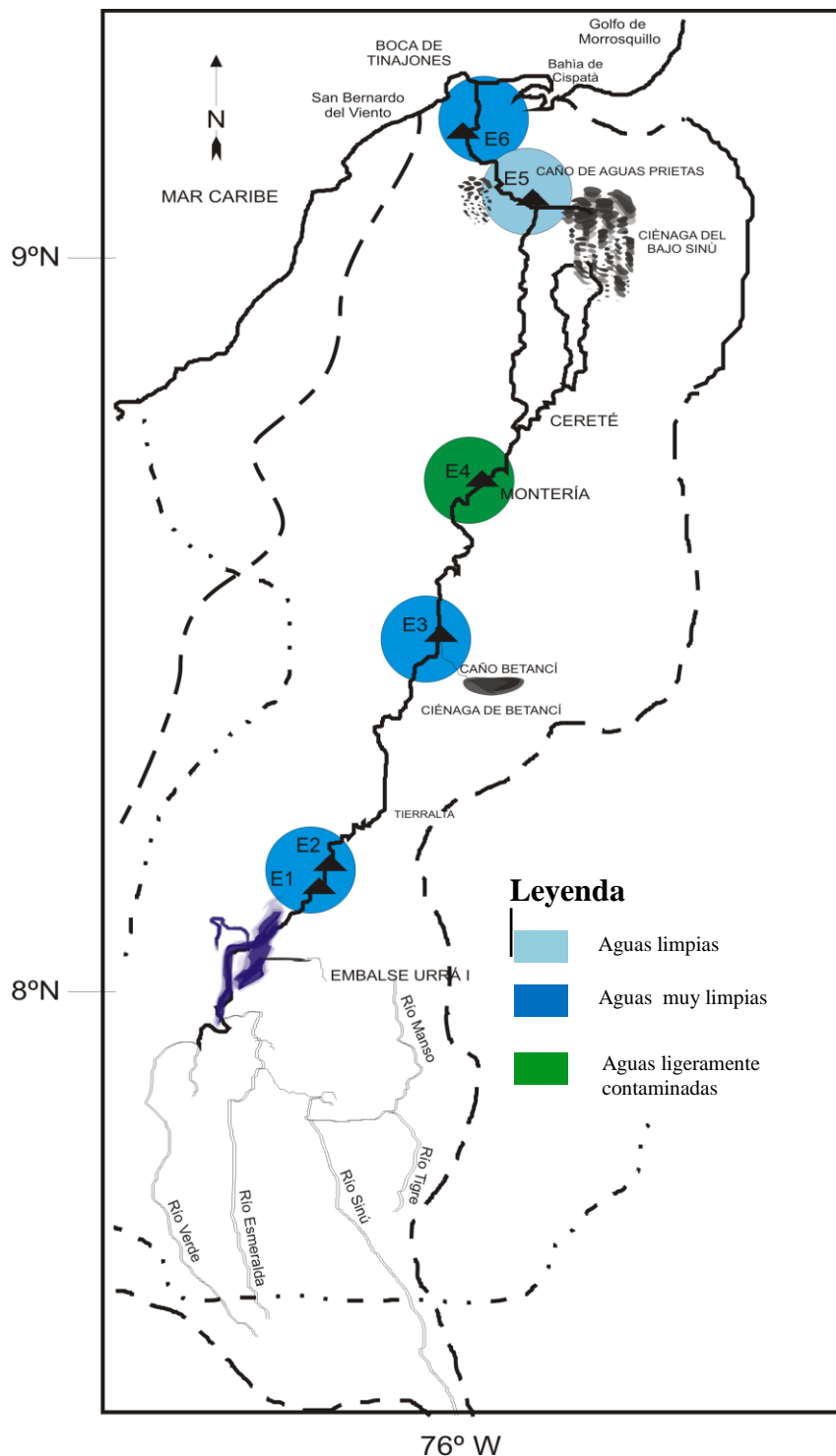


Figura 7. Mapa de calidad de aguas del río Sinú basado en el uso de macroinvertebrados (periodo 2006 – 2007)

4. CONCLUSIONES

El objetivo general planteado se considera logrado, al plantearse una metodología con base en macroinvertebrados acuáticos, adecuada para determinar la calidad del agua.

Se ha logrado presentar un listado de la fauna de macroinvertebrados acuáticos del río Sinú, a nivel genérico, ante la dificultad e inexistencia de claves taxonómicas específicas para la fauna de esta región, donde se presume la existencia de nuevas especies o especies no reportadas en esta parte del país.

Finalmente se pudo elaborar un mapa de la calidad del agua del río Sinú, donde se observa que la calidad del agua del mismo es buena y solo presenta algunas secciones con una ligera contaminación. Por ello se explica la gran diversidad de organismos allí reportados. Como una continuación a este trabajo, es importante realizar el monitoreo constante de todo el cauce principal y de cauces secundarios a fin de construir una base de datos lo bastante sólida como para estandarizar la metodología del BMWP/Cor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Urrá S.A ESP, por toda la colaboración prestada tanto en actividades de campo como en el suministro de información relacionada con la calidad del agua del río Sinú y al personal del laboratorio de Calidad de Aguas de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería.

De igual forma, los autores expresan su agradecimiento al CNPq.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor, J. 1988. Ephemeroptera. En Bases para un curso práctico de entomología. Ed. Barcelona, pp: 359-372.(Libro).
- _____, 1996. "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de aguas de los ríos". IV Simposio en Andalucía (SIAGA). Almería. Vol. 2, PP. 203-213. ISBN 84-7840-262-4 (Revista)
- Álvarez, L. F & G. Roldán 1984, "Estudio taxonómico de los hemípteros a diferentes pisos altitudinales en el departamento de Antioquia", Actual. Biol., 12(44):31-45.(Revista).

- Arango, M. C & G. Roldán. 1983. Estudios de las larvas acuáticas de odonatos a diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia”. Actual. Biol., 12(46): 91-104 (Revista)
- Bedoya, I. & G. Roldán. 1984. “Estudios de los dípteros acuáticos a diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia “, Rev. Asoc. Col. Cien. Biol., 2(2) 113-134.
- CIUC 1985. Factores bióticos y abióticos del río Sinú y sus ciénagas anexas. Univ. de Córdoba. Montería.(Memorias)
- Correa, M., T. Machado & G. Roldán., 1981, “ Taxonomía y ecología del orden Trichoptera en el departamento de Antioquia a diferentes pisos altitudinales”, Actual. Biol.. 10(36): 35-48.(Revista)
- Domínguez, E. 1998. Capitulo “Ephemeroptera”, en Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. J.J. Monrrone & S. Coscarón (eds). pp 7-13. Editorial Sur, La Plata. (Libro)
- _____., M. D. Hubbard & W. L. Peters. 1992. Claves para Ninfas y Adultos de las Familias y Géneros de Ephemeroptera (Inserta) Sudamericanos. Biología Acuática 16. 32 pp . ILPLA. UNLP. La Plata, Argentina.
- _____., M. D. Hubbard & M. L. Pescador. 1994. Los Ephemeroptera en Argentina. Fauna de Agua Dulce de la Republica Argentina 33 (1): 1-142. FECIC. Buenos Aires. (Revista)
- _____., M. D. Hubbard & W. L. Peters. 1995. Capítulo “Ephemeroptera”, pp 1069-1089. En: E. C. Lopretto & G. Tell (eds). Ecosistemas de Aguas Continentales, Metodologías para su estudio. Tomo III. Ediciones Sur, La Plata Argentina.
- _____., M. D. Hubbard., M. L. Pescador & C. Molineri. 2001. Capitulo “Ephemeroptera”, pp 17-53. En: H. R. Fernández & E. Domínguez (eds). Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Edit. Universidad de Tucumán, Argentina.(Libro)
- Franco, J., P. Membiela, X. Rodríguez y M. Vidal. Calidad de las aguas en la cuenca del río Arroya (Orense): indicadores fisicoquímicos y bióticos.. Artículos Técnicos (Tecnología del agua), Enero 1994/No 119. Galicia, España.(Folleto)
- Garces, J y L. Arrieta, 2006. Estudio de los macroinvertebrados acuáticos asociados al río Canalete (departamento de Córdoba) y su utilización como bioindicadores de la

calidad de las aguas. Tesis de grado, biblioteca Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

- Lozano-Quilis, M., F. Martínez y A. Pujante. 1996. Estudio de los macroinvertebrados y calidad de las aguas de los pequeños ríos y arroyos de las comarcas de la provincia de Valencia. *Ecología*, No. 10. 1996, pp. 137 – 159 (Revista).
- Machado, T. y J. Rincón, 1989. Distribución Ecológica e Identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Trabajo de Grado, programa Biología, u. de Antioquia.
- Pinilla, A. G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Centro de investigaciones Científicas – Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. D.C. 67 p (Libro)
- Rojas, A. M., M. Baena., C. Serrato., G. Caicedo & M. Zúñiga. 1993. Clave para las familias y géneros de ninfas de Ephemeroptera del departamento del valle del Cauca, Colombia. *Col. Mus. Ent. Univ. Valle*. 1 (2): 33-46. (Revista)
- Roldán, G. ., 1980 “Estudio limnológico de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros “ *Act. Biol.* 9(34): 103-117.(Revista)
- _____, 1985, “ Contribución al conocimiento de las ninfas de efemerópteros del departamento de Antioquia” *Act. Biol.* 14 (51): 3-13.
- _____, 1988, “ Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, Fondo FEN- Colombia, Colciencias- Universidad de Antioquia. Santa fe de Bogotá .ed. presencia Ltda.,217p.(Libro)