

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LA PLATA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RIVER WATER LA PLATA BY USING MACROINVERTEBRATES AS BIOINDICATORS

Daniel Rodríguez Acosta¹
 Eliana Mercedes Andrade Ricardo²
 Ángela Daniela Pérez Losada³
 Mauricio Cifuentes Velásquez⁴

Recibido: 27-09-2016 Aceptado: 24-11-2016

Resumen

Con el propósito de valorar la calidad del agua del río La Plata por medio de la composición de macroinvertebrados, fueron muestreadas tres estaciones : 1) La parte alta donde nace el río La Plata en la intersección del río Loro con el río Aguacatal; 2) La parte media, zona influenciada por líneas de quebradas, vertimientos rurales y permanencia de potreros; y 3) la parte baja donde se descargan los vertimientos urbanos del municipio de La Plata, del Batallón José Vicente de la Roche y Flores N° 9, y de la planta de sacrificio animal.

Para la recolección de macroinvertebrados y análisis de la calidad del agua se realizaron doce repeticiones para cada estación de muestreo, entre mayo y agosto del 2016, utilizando la metodología BMWP/col, el Método ASPT y el análisis fisicoquímico del agua. En total se colectaron 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros. Los parámetros como turbiedad, conductividad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), salinidad y temperatura aumentaron en su unidad aguas abajo del río, mientras que el pH permaneció constante. La Demanda Química de Oxígeno (DQO), supero el valor de los 91mg/l en todas las estaciones, lo que indicó la presencia de contaminación en todo el río y se relacionó con los resultados obtenidos en el índice BMWP. El índice ASPT permitió clasificar las zonas, donde la parte alta y la parte media se categorizo como Clase II, que corresponde a aguas ligeramente contaminadas; mientras que la parte baja se categorizo como clase III, que indica aguas moderadamente contaminadas.

Se concluye que la valoración de la calidad del agua en el río La Plata mediante bioindicadores,

1. Colombiano, Ingeniero Forestal, Candidato a Magíster en ingeniería y Gestión Ambiental; Especialista Técnico en Bioinsumos y extractos vegetales, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA). Coordinador de investigaciones F.A.S. La Plata, Grupo de Investigación Nova. danielroaco@misena.edu.co, Tel 57 – 8- 370497

2. Colombiana, Tecnóloga en Control Ambiental, Estudiante de Ingeniería Ambiental, Investigador NOVA (SENA), La Plata. Coordinadora de desarrollo sostenible y cambio global F.A.S emarfannr08@gmail.com Tel 57 – 8- 370497

3. Colombiana, Tecnóloga en Gestión de Recursos Naturales, Estudiante de Ingeniería Ambiental, Investigador NOVA (SENA), La Plata. Asesora Técnica en recursos naturales, angeladaniela_1992@hotmail.com Tel 57 – 8- 370497

4. Colombiano, estudiante del Tecnólogo en Control Ambiental, Investigador NOVA, Representante de los aprendices Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), La Plata, mcifuentes1@misena.edu.co. Tel 57 – 8- 370497

es una estrategia confiable que se relaciona de manera directa con los análisis físico químicos del agua. Donde se recomienda que se trabaje en conjunto con el método BMWP y el método ASPT para tener una mayor confiabilidad en los datos.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, calidad del agua, método BMWP/COL, ASPT.

Abstract

In order to assess the water quality of La Plata river using aquatic macroinvertebrates, three representative stations were selected: 1. UPTOWN where La Plata river begins, in the interception of Loro river with Aguacatal River.

2. The middle area, which is influenced by streams, rural dumps, paddocks; 3. The lower part where municipal, Battalion Jose Vicente de la Roche y Flores N° 9 and slaughterhouses wastes are discarded.

In order to collect macroinvertebrates, twelve samplings were taken per each station into two different periods (warm and rainy) between May and August 2016 by using the methodology BMW/col. In total 2235 macroinvertebrates distributed in 9 orders, 17 families and 22 genera, they were collected to establish water and physical quality characteristics such as: temperature, conductivity, dissolved oxygen, pH, turbidity, salinity, TDS and COD were determined. Finding that oxygenation is abundant due to environmental capacity and turbulence caused by the presence of large rocks, which in turn allow the diversity of aquatic macroinvertebrates, parameters such as turbidity, conductivity, TDS, salinity, and temperature increase downstream river, while the pH remains constant and COD exceeds all seasons the 91mg / l which shows the presence of contamination across the river. This information relates to that obtained with the BMWP index in which class IV for the three study stations is obtained, which refers to contaminated water, just as wanting to achieve greater accuracy the ASPT index was applied, obtaining for the top and middle, class II, which corresponds to slightly polluted waters, and class III for the bottom, indicating dubious quality that is moderately

polluted waters. Therefore it is concluded that the two indexes indicate the presence of pollution which increases downstream, and is supported with the physicochemical parameters. This river on a general level is subject to contamination of rural and urban agricultural origin, which limits their conditions of use.

Keywords: Macroinvertebrates, water quality, BMWP / COL ASPT method.

1. Introducción

El agua es el recurso natural más importante para la vida ya que posee propiedades únicas que la hacen esencial para la existencia (Fernández, 2012). La escasez mundial de esta y el déficit de su calidad se han convertido actualmente en una de las mayores preocupaciones para la humanidad (Navarro, 2004). Únicamente el 2,5 % del agua del planeta es agua dulce y solo el 1 % correspondiente a 14 millones de km³ está a disposición para el uso del ser humano, la fauna y la flora (PNUMA, 2013). Los ríos hacen parte de este mínimo porcentaje y hoy por hoy se ven afectados seriamente por la acelerada contaminación del recurso hídrico.

Colombia cuenta con aproximadamente 1.600 ríos pero si bien es cierto, la carencia de la infraestructura sanitaria y el mal funcionamiento de la misma hacen que este país sea uno de los más críticos en cuanto a conservación del recurso hídrico y protección de su calidad (Navarro, 2004). La principal fuente de contaminación de los ríos son las aguas residuales de los pueblos y ciudades que no reciben un tratamiento antes de ser vertidas a estos (Xu, Wang, Duan y Pan, 2011). Al ser vital para la existencia, la contaminación del agua puede alterar el flujo normal del ciclo hidrológico generando serios trastornos en el clima de la tierra, la conservación de diversos ecosistemas e incluso la vida humana (Campoblanco y Gomero, 2000). Por ello, es importante y necesario conocer la calidad del agua de los ríos que hacen parte de los ecosistemas de municipios y poblaciones que utilizan el recurso hídrico para diferentes actividades del diario vivir.

Actualmente, hay diferentes tipos de análisis sobre

la calidad del agua, dentro de los cuales están los estudios físico-químicos que revelan el estado hídrico en el momento, pero no proporcionan un acertado muestrario de calidad puesto que es necesario conocer el estado de esta en el transcurso del tiempo (Camargo, 2004). Es por tal motivo, que se empiezan a emplear las comunidades biológicas como bioindicadores de la calidad del agua porque reflejan condiciones físicas, químicas y bióticas de los ríos por un largo período (Barbour, Gerritsen, Snyder y Stribling, 1999). No obstante, con el estudio biológico se desconocen las sustancias contaminantes, por lo que es necesario entonces combinar las dos metodologías de estudio para correlacionar los datos y así obtener información veraz, oportuna y detallada (Camargo, 2004).

Los macroinvertebrados son el grupo biológico más utilizado para determinar la calidad del agua de los ríos y quebradas. Su tamaño superior a 0,5 mm permite que se puedan ver a simple vista, siendo así fáciles de muestrear y su identificación taxonómica sencilla. Este tipo de fauna tiene una distribución suficientemente amplia, pues se pueden encontrar en diferentes tipos de fuentes hídricas habitando cualquier tipo de fondo e incluso en objetos antrópicos contaminantes que están dentro del agua, además de tener la capacidad de resistir diferentes variedades de climas. El bentos presenta largos ciclos de vida permitiendo así determinar cualquier decadencia en la calidad del ecosistema acuático debido a que la presencia de algunos o la ausencia de otros en correlación con parámetros físicoquímicos determinan el estado de su hábitat (Beltrán, et al., 2015).

Los Índices biológicos como el BMWP (Biological Monitoring Working Party) inventado e ideado en Inglaterra en 1970 por Hellawel, emplea macroinvertebrados como bioindicadores que son recolectados mediante estaciones de monitoreo establecidas a lo largo del cauce de los ríos o quebradas. Este método requiere que la identificación taxonómica de los bentos sea hasta el nivel de familia, donde cada uno obtiene un puntaje de 1 a 10 de acuerdo a su grado de tolerancia a la contaminación orgánica y se basa solo en datos cualitativos, es decir, de presencia o ausencia (Camargo, 2004). Esta metodología ha

sido modificada y adaptada para Colombia por Gabriel Roldan Pérez, pionero de la Limnología en este país y persona que ha realizado infinidad de estudios relacionados con la calidad del agua y los macroinvertebrados, quedando establecida como BMWP/Col.

Adicional a este método es recomendable utilizar el ASPT (Average Score Per Taxon) obtenido a partir del puntaje total del BMWP, que es el resultado de dividir el valor de BMWP por el número de familias que se encontraron; para dar una mayor confiabilidad a los análisis y poder generar el mapa de calidad del agua de la fuente hídrica (Rueda, Tapia, Hernández y Martínez, 1998).

Teniendo en cuenta el valor fundamental que tiene el agua para la vida y la problemática mundial sobre la escasez de la misma, se establece evaluar la calidad del agua del río La Plata, ubicado en el suroccidente del departamento del Huila, en el municipio de La Plata a una latitud de 2.43028 y longitud - 75.8592. Ya que no ha sido objeto de estudios que permitan conocer su estado ecológico y calidad del agua, siendo la fuente hídrica de mayor caudal del municipio de La Plata utilizada para diferentes tipos de actividades rurales y urbanas.

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad del agua en la parte alta, media y baja del río La Plata mediante la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores en correlación con parámetros físico-químicos del agua a través del método BMWP/Col y ASPT.

Los resultados obtenidos a partir de esta investigación, mostraron que es posible evaluar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados, utilizando los métodos BMWP/Col y ASPT. Es así que se determinó que el río La Plata presenta contaminación hídrica en las tres estaciones muestreadas. En donde el mapa de calidad del agua por el método ASPT categorizo la parte alta y la parte media como clase II que obedece a aguas ligeramente contaminadas y la parte baja en clase III con aguas moderadamente contaminadas. Este estudio genera resultados que sirven como base y justificación para la implementación de medidas de mitigación,

compensación y recuperación para esta fuente hídrica; además de ser el fundamento para seguir desarrollando investigaciones que conlleven a la sostenibilidad del río La Plata.

2. Materiales y métodos

Fase 1. Vigilancia tecnológica. Se realizó una revisión de literatura de los antecedentes del río La Plata, teniendo en cuenta las características propias, su capacidad ambiental y las fuentes de contaminación, de igual manera se recopiló información primaria de los estudios de calidad de agua, de macroinvertebrados y de los índices biológicos.

Fase 2. Sitios de muestreo. Por medio del programa ArcGIS se procedió a ubicar los sitios de muestreo en el mapa del río La Plata (figura 2), teniendo en cuenta la parte alta, media y baja, de tal forma que se determinaron 3 puntos con diferentes descargas de contaminantes. La primera estación de muestreo se estableció donde el río La Plata toma su nombre debido a la unión de dos fuentes hídricas: el “río Aguacatal y el río Loro” en el centro poblado de Gallego (parte alta). El segundo punto se tomó en un sitio intermedio llamado Combeima antes de la zona urbana del municipio, donde el río recibe los vertimientos de las veredas que se ubican en los alrededores de la línea de agua correspondientes al sector rural de la zona sur del municipio de La Plata Huila (parte media). La última estación se ubicó aguas abajo de la zona urbana, en el sitio conocido como el Cacique, donde el río recibe los vertimientos de la planta de sacrificio animal, el batallón y del municipio de La Plata en general (parte baja).

Fase 3. Recolección de los macroinvertebrados. Se realizaron doce muestreos desde el mes de mayo al mes de agosto del año 2016, en donde se obtuvieron los macroinvertebrados por medio de dos procesos. El primero se efectuó por red de pantalla, método de recolección cualitativo de acuerdo a Palma y Arana (2014) que consistió en usar una red de 1 2 con un ojo de malla de 0.5 mm sujeta a dos mangos de madera donde una persona se colocaba en contra de la corriente y sostenía

la red con ambas manos, mientras que otra se ubicaba en dirección de la corriente, removiendo el fondo. El material removido se acumuló en la red y con él, las larvas que se hallaban en el sustrato. El segundo proceso consistió en una recolección manual, en un área de 10 2 basado en levantar rocas, troncos y demás materiales sumergidos en el agua buscando en ellos los organismos adheridos, los cuales se extrajeron con pinzas de aluminio teniendo precaución de no afectar la estructura de los mismos (figura 1). Luego fueron conservados en frascos con alcohol al 70 % y etiquetados con los datos del sitio, fecha y estación de muestreo.



Figura 1: Recolección de macroinvertebrados y datos fisicoquímicos en el río La Plata.

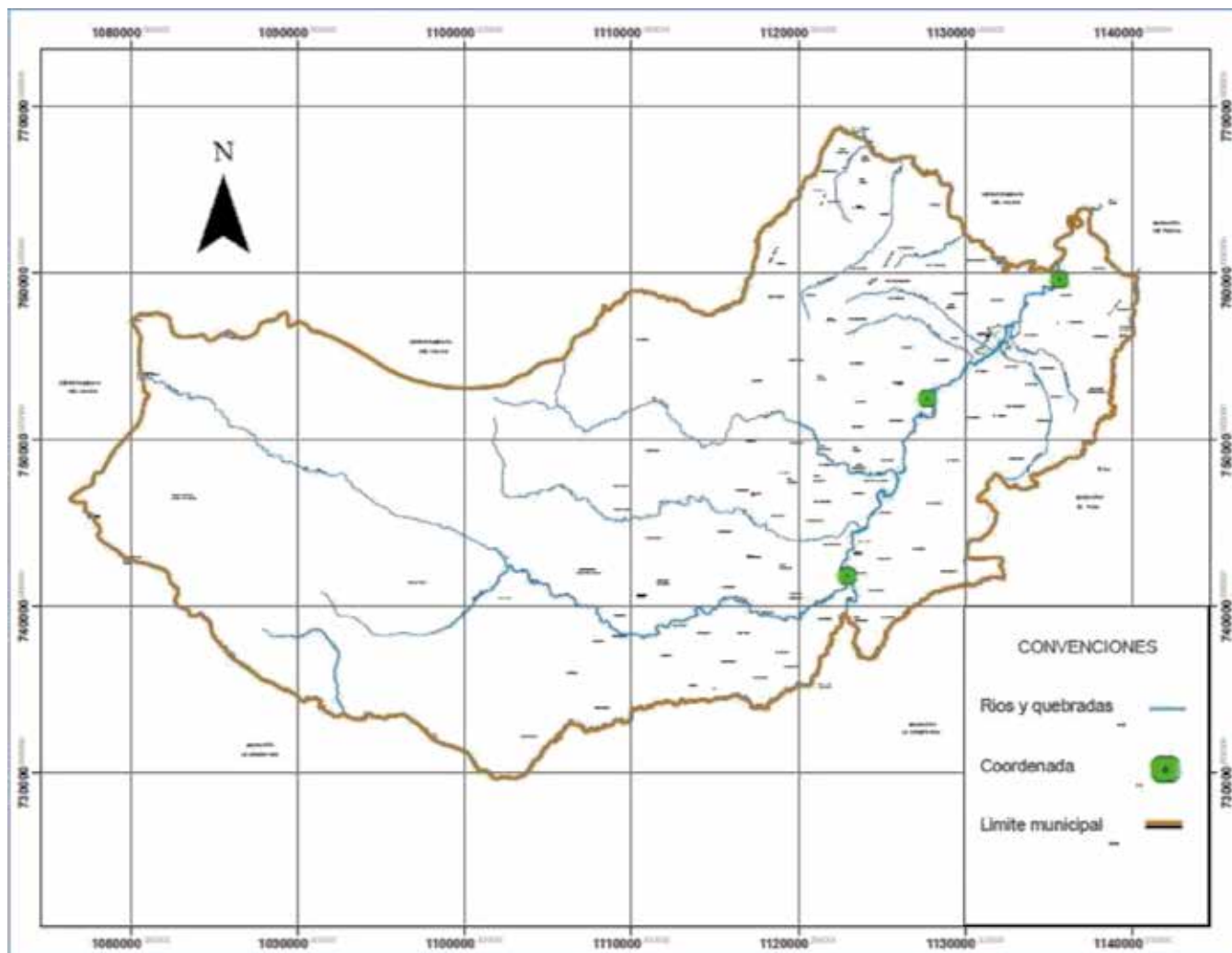


Figura 2: Mapa hidrográfico del río La Plata con tres estaciones de muestreo, parte alta, media y baja

Fase 4. Registro de parámetros en campo. Por

medio de un equipo multiparamétrico se procedió a recolectar datos de la medición del agua como temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, salinidad TDS y DQO.

Fase 5. Analisis de información oficina método BMWP/Col y ASPT. Se realizó la

cuantificación e identificación de los ejemplares recolectados en campo mediante el método BMWP/Col que requiere llegar hasta nivel de familia determinando la presencia o ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de

acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben

Un puntaje de 10 mientras las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1. (Figura 3). La suma de todos los puntajes de todas las familias proporcionó el puntaje total BMWP. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. (Roldan 2003). Luego se procedió a la obtención del índice ASPT siendo este muy valioso para la evaluación de la calidad del agua, especialmente cuando hay alta diversidad ya que muestra la sensibilidad promedio de las familias

presentes en el sitio muestreado de acuerdo a un puntaje que va de 0 a 10 según Armitage, Moss, Wright y Furse (como se citó en Zeybek, Kalyoncu, Karakas y Ozgöl 2014). Se calculó dividiendo la puntuación total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra.



Figura 3. 1 - Familia perliidae (puntaje BMWP 10). 2 - Familia Tubificidae (Puntaje BMWP 1).

Finalmente se procedió a registrar los mapas de la calidad, utilizando la Tabla 1 para determinar la clase de agua en la cual se encontraba cada estación, referenciándola con un color específico, y ubicando en el mapa del río La Plata, el índice BMWP sobre el punto de coordenada con forma de círculo y el índice ASPT con hexágonos de colores, sobre el área de influencia.

Tabla 1. Clases de calidad del agua, valores BMWP/ Col y ASPT, significado y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP	ASPT	Significado
I	Buena	□150 101 -120	□9 -10 □8 - 9	Aguas muy limpias a limpias
II	Aceptable	61 – 100	□6.5 - 8	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36 – 60	□4.5 -	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	16 -35	□3 - 4.5	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	□15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas

Modificado de Roldan 2003, en Álvarez 2006 (como se citó en Arango, Álvarez, Arango, Torres y Monsalve 2008).

3. Resultados y Discusión

Composición de Macroinvertebrados. Se realizaron 12 muestreos en tres estaciones del río La Plata identificando un total de 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros, los cuales corresponden a 182 individuos, 8 órdenes, 12 familias y 14 géneros en la parte alta; 857 individuos, 7 órdenes, 12 familias y 15 géneros en la parte media; y 1196 individuos, 7 órdenes, 11 familias y 12 géneros en la parte baja. Como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de Macroinvertebrados de la parte Alta, Media y Baja del río La Plata.

Orden	Familia	Género	P.A	P.M	P. B
Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche		5	
	Leptoceridae	Triaenodes		1	2
	Hydropsychidae	Leptonema	39	201	380
Ephemeroptera	Leptohyphidae	Haplohyphes		13	
		Tricorythodes	90	171	391
	Leptophlebiidae	Thraulodes	2	74	78
		Traverella	20	301	190
	Oligoneuriidae	Lachlania	10		
	Beatidae	Camelobaetidius	1	3	
		Acentrella Turbida		2	8
		Americabaetis	1		
Diptera	Simuliidae	Simulium Fibrinflatum	9		
	Blepharoceridae	Paltostoma	1		
Megaloptera	Corydalidae	Corydalus	5	18	37
Odonata	Gomphidae	Progomphus		1	1
	Calopterygidae	Hetaerina		2	
	Gomphidae	Erpetogomphus	1		
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	1	1	
Tricladida	Dugesidae	Dugesia	1	1	80
Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	1	63	27
Coleoptera	Staphylinidae	Stenus			1
	Elmidae	Narpus			1
Total			182	857	1196

Familias exclusivas de cada zona de estudio.

En la parte alta del río La Plata se identificaron 3 familias exclusivas de macroinvertebrados que no se hallaron en la parte media ni baja de la microcuenca: Oligoneuriidae, Simuliidae y Blepharoceridae, correspondientes respectivamente a los géneros: Lachlania, Simulium Fibrinflatum y Paltostoma. En la parte media se identificaron dos familias exclusivas del lugar: Helicopsychidae, la cual obedece al género Helicopsyche; y la familia Calopterygidae con género wHetaerina. En la parte baja se identificaron dos familias exclusivas: la Staphylinidae, cuyo género es Stenus; y la familia Elmidae, con género Narpus (Figura 4).



Figura 4. Macroinvertebrados exclusivos. 1. Oligoneuriidae Lachlania. 2. Helicopsychidae Helicopsyche. 3. Staphylinidae Stenus. 4. Calopterygidae Hetaerina. 5. Blepharoceridae Paltostoma.

Las familias de mayor frecuencia y abundancia (Ver figura 5) que se encontraron en las tres estaciones de muestreo son: Leptohyphidae (665), Leptophlebiidae (665), Hydropsychidae (620), Tubificidae, (91) Dugesiidae, (82) y Corydalidae con 60 individuos. (Ver Figura 6).

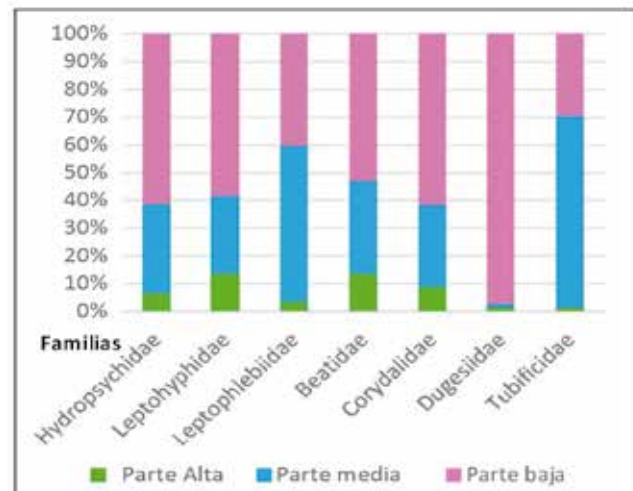


Figura 5. Porcentaje de Familias encontradas en las tres estaciones de muestreo.



Figura 6. Familias más representativas y encontradas comúnmente. 1. Leptohyphidae. 2. Leptophlebiidae. 3. Hydropsychidae. 4. Tubificidae. 5. Dugesiidae. 6. Corydalidae.

Puntaje BMWP: para facilitar la lectura de las categorías obtenidas bajo este método, en la figura 7, el relleno de cada barra indica la parte del río donde se realizó la muestra, y los colores de los contornos de las barras indican el estado del agua.

El color amarillo indica la clase III - calidad dudosa - aguas moderadamente contaminadas, que corresponden al siguiente número de muestras por

cada estación: (4 en la parte alta, 6 en la parte media y 5 en la parte baja), el color naranja la clase IV - calidad crítica - aguas muy contaminadas corresponden a (5 en la parte alta, 5 en la parte Media y 6 en la Parte Baja); y el color rojo la clase V - calidad muy crítica - aguas fuertemente contaminadas corresponden a (3 en la parte alta, 1 en la parte media y 1 en la parte baja), para un total de 36 mediciones, con 12 repeticiones por cada estación. En ninguna de las mediciones se obtuvo clase II o clase I, por lo cual es evidente la vulnerabilidad del río calculado bajo este método (ver figura 7).

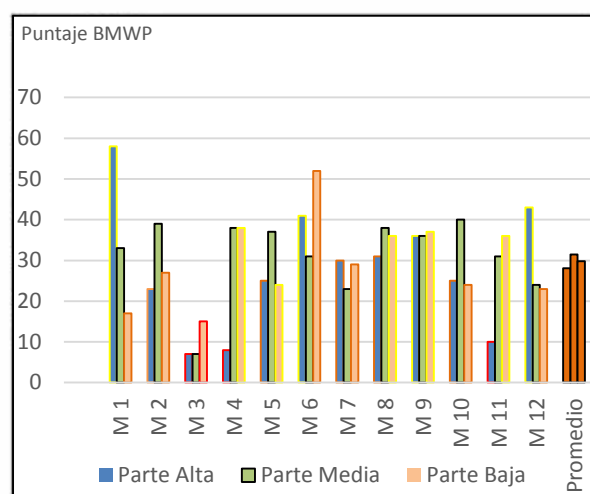


Figura 7. Puntajes BMWP/Col de las 12 mediciones para cada estación.

Valor promedio BMWP. se obtuvo como categoría promedio para las tres estaciones: la clase IV, es decir calidad crítica, o aguas muy contaminadas. Los valores fueron de 28,08 para la parte alta, 31,41 para la parte media y 29,83 para la parte baja.

Puntaje ASPT. Al procesar la información bajo este índice de confiabilidad se pudo observar que en la parte alta las mediciones de las muestras 1, 5, 6 y 11, indicaron Clase I - Calidad Buena - Aguas no contaminadas representadas por los contornos azules de las barras de la figura 8. En los muestras 2, 3, 4, 7, 8, 9 y 12 se obtuvo la Clase II - Calidad Aceptable - Aguas ligeramente contaminadas representadas por los contornos verdes de las barras y en la muestra 10 se identificó la Clase III - Calidad dudosa - Aguas moderadamente contaminadas representadas por los contornos amarillos.

En la parte media se identificó que las muestras 2, 3, 7, 8, 9 y 10 obedecen a la clase II - calidad aceptable. En las muestras 4, 5, 6, 11 y 12 se identificó la clase III, calidad dudosa, y en la muestra 1, se obtuvo la Clase I - Calidad Buena. En la parte baja se obtuvo en los muestras 1, 3, 4, 5, 7, 9 y 10 la clase III, calidad dudosa, mientras que en los muestras 2, 6, 8, 11, y 12 se identificó la clase II, calidad aceptable (Ver Figura 8)

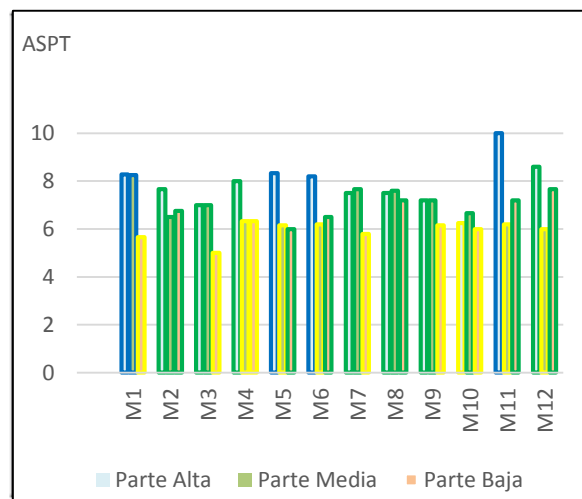


Figura 8. Puntajes y colores de las 12 mediciones para las tres estaciones según el índice ASPT.

Promedio Valor ASPT. El resultado de procesar los 12 Mediciones de las tres estaciones del río La Plata, género como valor promedio en la parte alta y parte media la Clase II, Calidad Aceptable con aguas ligeramente contaminadas, donde se evidencian efectos de la contaminación. La parte baja se clasifica como Clase III, Calidad Dudosa, lo que obedece a aguas moderadamente contaminadas como se puede observar en la figura 9.

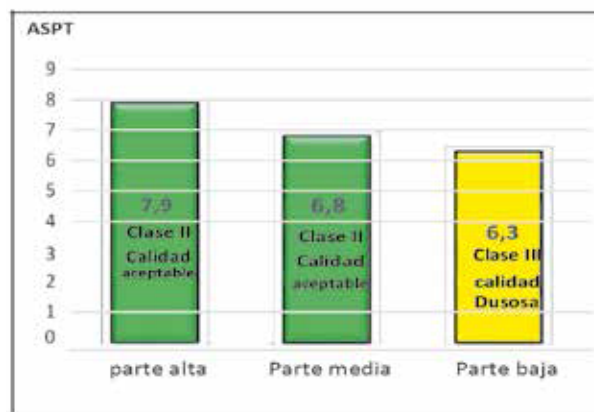


Figura 9. Calidad promedio de las tres estaciones del río La Plata según el índice ASPT.

DQO (Demanda Química de Oxígeno). Los valores de DQO obtenidos en campo fueron muy variables en las muestras tomadas para cada estación, (ver figura 10), pero generaron resultados contundentes ya que el DQO arrojó valores mayores de 91 y menores a 545 mg/l en las tres partes del río, lo que indica alta contaminación, la cual como se pudo observar en campo, es producto de las descargas de aguas residuales crudas municipales y agropecuarias.

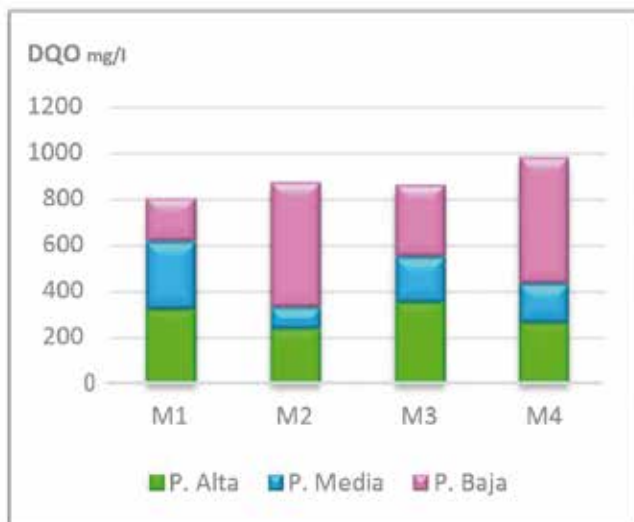


Figura 10. Variabilidad de los niveles de DQO en las zonas de estudio.

Parámetros Físico-químicos. Al obtener los valores promedios de los parámetros analizados en los 12 muestras por cada sitio objeto de investigación, (parte alta, media y baja del río La Plata), se obtuvo que el pH no sufre cambios significativos, ya que se mantiene en las tres estaciones con valores 7,5 y 7,4. Por lo cual los vertimientos que llegan al río, no alteran este parámetro.

Los siguientes parámetros tuvieron un incremento en su unidad desde la parte alta a la parte baja: La turbiedad promedio presenta un aumento considerable de 7,2 FNU. Los sólidos totales disueltos TDS aumentaron en 8,9 ppm. La conductividad tomo un valor mínimo de 47 y un valor máximo de 66,4 us/cm. La temperatura aumento 1,4 grados. La fuente hídrica en todas las estaciones muestreadas presenta una alta disponibilidad de oxígeno, con una disminución mínima de 0,3 en la parte baja. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de los parámetros físico-químicos del agua del río La Plata en las tres estaciones de estudio.

Parámetros	Promedio Parte alta	Promedio Parte Media	Promedio parte baja
pH	7,5	7,4	7,4
Turbiedad (FNU)	6,9	9,8	14,3
Conductividad (us/cm)	47,0	56,6	66,4
Temperatura (°C)	17,0	17,9	18,4
Concentración de Oxígeno (ppm)	7,1	6,7	6,8
Salinidad (PSU)	0,02	0,03	0,03
TDS (ppm)	25,7	30,9	35,2

Otros hallazgos. En las redes de captura de macroinvertebrados se hallaron en las tres estaciones, los siguientes peces: *Trichomycterus* sp. 1 (Baboso), *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha), *Creagrutus* aff. *Magdalenae* (Sardina). Con una única excepción del pez *Sturisomatichthys leightoni* (Raspacanoa); el cual se encontró solamente en la parte baja. Ver (figura 11). En las mediciones M3, M6 y M8, se encontraron peces muertos en la parte media y baja del río la plata de la especie *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha).



Figura 11. 1. *Trichomycterus* sp (Baboso). 2. *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha). 3. *Creagrutus* aff. *Magdalenae* (Sardina) 4. *Sturisomatichthys leightoni* (Raspacanoa).

Mapa de calidad del agua. Los resultados de los índices utilizados en combinación con los parámetros analizados en las tres estaciones de muestreo, permitieron la realización del mapa de calidad de agua del río La Plata bajo el índice BMWP/Col y el índice ASPT (figura 14), para lo cual las circunferencias de color naranja representan los resultados obtenidos por el índice BMWP el cual dio para las tres estaciones de estudio Clase IV referente a aguas muy contaminadas. Para reflejar el índice ASPT en el mapa de calidad del agua se utilizó como figura característica los hexágonos en el área de influencia, donde la parte alta y media se clasificaron en la clase II - calidad aceptable correspondiente a aguas ligeramente contaminadas. Para estas dos estaciones se ubicó un hexágono de color verde en el área de influencia, mientras que la parte baja se clasificó en la

clase III - calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas y se ubicó un hexágono de color amarillo sobre esta zona de estudio. De esta forma se tienen los dos índices indicadores de los niveles de contaminación, que soportados en los parámetros físico-químicos indican la contaminación presente en la parte alta, media y baja del río La Plata. De tal forma que existe evidencia confiable, desde el índice BMWP que categoriza las tres zonas de estudio en aguas muy contaminadas y coloca una alerta para abordar la problemática ambiental del río La Plata, hasta el índice ASPT, que permite ver la dinámica de la contaminación en cada estación bajo diferentes categorías, dando a conocer las zonas más afectadas, o de mayor prioridad para su respectiva restauración o recuperación.

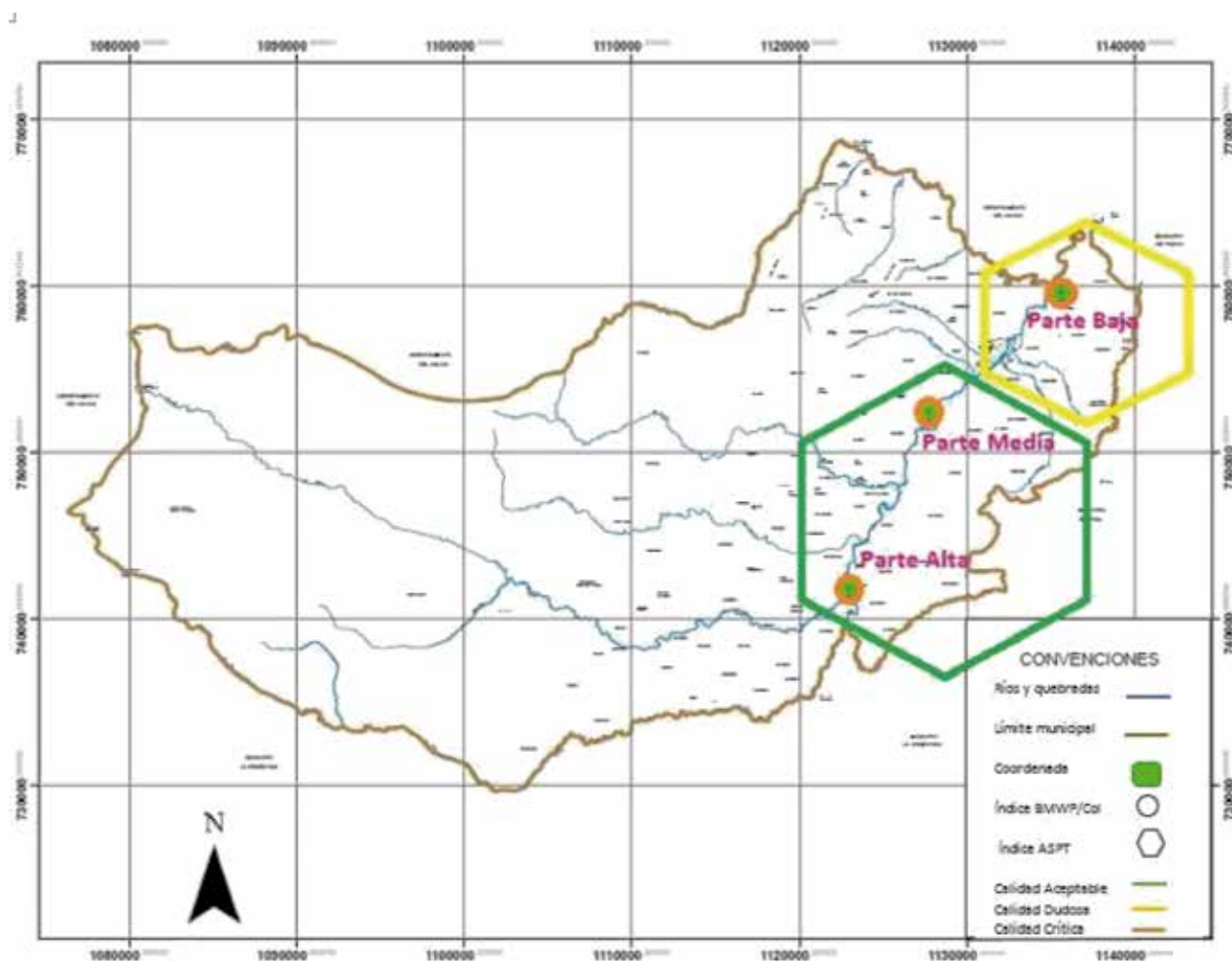


Figura 14. Mapa de la calidad del agua del río La Plata según los índices BMWP Y ASPT

4. Conclusiones

En las tres zonas de estudio del río La Plata se identificaron un total de 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros, lo que permitió determinar los diferentes grados de contaminación bajo la presencia o ausencia de los mismos. Teniendo en cuenta que en los tiempos de lluvia el número de individuos se disminuye en las tres estaciones, sobre todo en la parte alta, lo que influyo en el índice BMWP de esta estación.

En la parte alta del río La Plata se identificaron 3 familias exclusivas de macroinvertebrados, que son: Oligoneuriidae, y Blepharoceridae, con puntaje 10 pertenecientes a aguas muy limpias; y Simuliidae, con puntaje 8 que pertenece a aguas limpias, poco contaminadas. En la parte media se identificaron dos familias exclusivas del lugar que son Helicopsychidae, con puntaje 8 que obedece a aguas limpias y/o poco contaminadas; y la familia Calopterygidae con puntaje 7 que es característico de aguas poco contaminadas. En la parte baja se identificaron dos familias exclusivas: la Staphylinidae y la Elmidae, cada una con puntaje 6, que es característico de Aguas poco contaminadas y/o moderadamente contaminadas. Las demás familias identificadas en el estudio se encontraron de forma repetitiva en las tres estaciones, por lo cual es de resaltar que las familias exclusivas encontradas, desde la zona más alta cruzando por la parte media hasta la zona más baja, se ubican en puntuación decreciente con referente a la calidad del agua, lo cual se relaciona de manera directa con la dinámica de la contaminación del río y las observaciones realizadas en campo.

La relación de los métodos biológicos para determinar la calidad del agua en el río la plata, permitió tener un alto grado de confiabilidad en la información analizada. Ya que al utilizar el índice BMWP, se obtuvo un primer valor el cual categorizo las tres zonas de estudio en aguas muy contaminadas y coloco una alerta del estado de las aguas. Lo cual permitido ajustar la información al relacionarlo con el índice ASPT, mostrando en más detalle la dinámica de la

contaminación en cada estación, bajo diferentes calidades de agua, y con ello identificar las zonas de mayor prioridad.

Al analizar los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de las 12 mediciones por cada estación, se determinó que la Turbiedad, los sólidos totales disueltos, e Oxígeno disuelto, y la temperatura presentan un incremento constante en su unidad de medida desde la parte alta hasta la parte más baja, reflejando el aumento de la contaminación, información que se relaciona con los resultados obtenidos de los indicadores biológicos del método ASPT.

La demanda química de oxígeno (DQO) medida en las tres estaciones de muestreo fue muy dinámica y variable con valores que estaban entre los 91 y los 545 mg/l, lo que indico aguas contaminadas en todos los sitios muestreados y genero una relación directa con los resultados obtenidos en el Método BMWP.

El mapa de la calidad de agua del río la plata mediante el índice BMWP mostro que las tres estaciones de muestreo presentan un alto grado de contaminación, en donde el Índice ASPT categorizo la parte alta y la parte media, como clase II - calidad aceptable, que corresponde a aguas ligeramente contaminadas y la parte baja como clase III - aguas moderadamente contaminadas. Lo anterior muestra que el río la plata se encuentra en estado de vulnerabilidad, donde es necesario identificar en una segunda fase de investigación, los focos de contaminación que afectan el río la plata, y de esta manera generar los programas ambientales de prevención, corrección, mitigación y compensación.

En las redes de macroinvertebrados se encontraron cuatro especies de peces en el estudio, lo que fue alentador, ya que a nivel general, los resultados de este proyecto, muestran que el río la Plata está sometido a una continua contaminación de origen rural y urbano, que limita las condiciones de uso sostenible. Pero que abre la posibilidad de seguir investigando en muchos campos de esta fuente hídrica

La valoración de la calidad del agua en el río la plata mediante bioindicadores, es una estrategia confiable que se relaciona de manera directa con los análisis físico químicos del agua. Donde se recomienda que se trabaje en conjunto con el método BMWP y el método ASPT para tener una mayor confiabilidad en los datos

5. Agradecimientos

Agradecemos a Cristian Oswaldo Alvira por su apoyo en cartografía, Gildardo Martínez, y Carlos Advincula por su trabajo en campo, a la Fundación Ambientes Sustentables (F.A.S.) por facilitar los recursos para los análisis del presente estudio, Al grupo de investigación NOVA y a el Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila CDATH SENA por facilitar los equipos para las mediciones.

Referencias bibliográficas

1. Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O. y Monsalve, A. (2008). Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquía. *Revista EIA*. 9. 121-141.
2. Barbour, M., Gerritsen, J., Snyder, B., y Stribling, J. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Streams and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*.
3. Beltrán, J., Hernández, A., Esteban, C., Albarracín, A., Palacio, C., Chipatecua, R., Garzón, P. (2015). Determinación de la calidad del agua del río frío (Cundinamarca) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, aplicando el método BMWP. *UNICIENCIA*, 1(16). 80 -99.
4. Camargo, A. (2004). Evaluación ambiental de la quebrada de la Honda del municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR (Trabajo de investigación). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
5. Campoblanco, H., y Gomero, J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del instituto de investigación de la facultad de geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 3(05).
6. Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3). 147 – 170.
7. Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. (Trabajo de investigación). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
8. López, M. (2009). Determinación de la calidad del agua del río Pasto mediante la utilización de bioindicadores. *Revista UNIMAR*, 27(4), 35 -43.
9. Navarro, O. (2004). Representación social del agua y de sus usos. *Psicología desde el Caribe*, 14. 222-236.
10. Palma, C. y Arana, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima, Perú: Zona Comunicaciones.
11. PUNMA. (2013). Agua dulce. *Tunza*. 10(4). 4.
12. Rueda, J., Tapia, G., Hernández, R. y Martínez, F. (1998). El río Magro, parte I: Evaluación de su calidad biológica mediante la aplicación del BMWP y del ASPT. *Ecología*. 12. 135-150
13. Xu, M., Wang, Z., Duan, X., y Pan, B. (2011). Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia*, 729, 247 – 259
14. Roldan, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Uso del método BMWP/ Col*. Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia.
15. Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakas, B. y Ozgöl, S. (2014). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*. 38. 603-613.