

ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SINÚ MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.

POR:

CARLOS ANDRÉS BURGOS GALEANO¹

KATERIN LAFONT ÁLVAREZ²

PAULA ANDREA ESTRADA PALENCIA³

RESUMEN

El uso de diferentes parámetros de índole físicos, químicos y biológicos nos permite monitorear la calidad del agua y realizar un análisis más eficiente de los sistemas acuáticos, con el objetivo de realizar un análisis comparativo de indicadores de la calidad del agua del Río Sinú, se midieron parámetros físicos y químicos como biológicos (macroinvertebrados acuáticos – BMWP Col.). Se analizaron las variables fisicoquímicas de las muestras de agua, siguiendo una rigurosa cadena de custodia, con procedimientos analíticos estandarizados, analizando los parámetros: % de saturación de oxígeno disuelto, NMP de coliformes fecales/100ml, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), nitratos, fosfatos totales, desviación de la temperatura de equilibrio, turbiedad, sólidos totales para la obtención de los índices fisicoquímicos; los organismos se identificaron mediante claves taxonómicas, se determinaron los especímenes hasta el nivel de familia. Los resultados muestran áreas con buena calidad de agua y otras fuertemente impactadas desde el punto de vista biológico, encontrándose que la calidad del agua del Río Sinú en cuanto a los índices fisicoquímicos (ICA-NSF, ICA-Rojas, ICAUCA) es buena, mientras que el índice biológico (BMWP Col.) Por su parte indica que la calidad del agua del Río es Aceptable, lo que corresponde a aguas ligeramente contaminadas.

Palabras claves: Índices, parámetros, fisicoquímicos, biológicos, calidad del agua.

¹Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, cburgosg@sena.edu.co

²Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, katerinlafont@gmail.com

³Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, paula1.5@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional, asociado a la industrialización y la urbanización incrementa la demanda del recurso hídrico. La combinación de estos elementos provoca cambios en el uso del suelo, pasando de áreas rurales a áreas residenciales o industriales, lo que lleva a incrementar los vertidos urbanos y acumular sustancias tóxicas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Torres et al., 2009; Forero et al., 2013). Otro aspecto importante que se suma al deterioro de las fuentes hídricas es la existencia de centrales hidroeléctricas, estas al realizar una regulación del caudal, alteran los hábitats, crean variaciones en la disponibilidad de recursos tróficos y traen consigo cambios en el régimen de temperaturas (Oscos et al., 2006). Como consecuencia los organismos que habitan tramos localizados aguas abajo se enfrentan a nuevas condiciones ambientales, de forma que algunos taxones disminuyen en abundancia mientras que otros la aumentan y algunos incluso desaparecen (Doledec et al., 1996).

Las variables físicas y químicas se consideran indicadoras de la calidad del agua, de las condiciones tróficas y ecológicas (Castro et al., 2014). Los ICA tienen como objeto estimar el grado de calidad del agua con el propósito de reconocer problemas de contaminación (Aldana y Zacarías, 2013).

Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, pues al ser puntuales no informan sobre las variaciones en el tiempo (Roldán, 2003; Springer, 2010).

Los aspectos biológicos han adquirido una aumentada importancia, debido a que las comunidades acuáticas

actúan como testigos del deterioro ambiental y reflejan en la estructura de sus comunidades los cambios ecológicos acontecidos en ellas (Caicedo y Palacio, 1998; Roldan y Ramírez, 2008). El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método de puntaje simple de macroinvertebrados reportados en una región, identificados a nivel de familia y que solo requiere datos cualitativos de presencia o ausencia (Roldán, 2003).

Montoya et al., (2011) realizaron un estudio en el Río Negro perteneciente a la ciudad de Medellín donde compararon los resultados obtenidos en un estudio llevado a cabo en el 2002 con los del 2007, empleando el BMWP/Col, el ASPT, el índice de diversidad (H') y el índice ICA. Los resultados obtenidos tras la aplicación de los índices indican el deterioro de la calidad del agua, especialmente en los tramos medio y bajo del río, en los cuales se observa una sustitución de los taxones característicos de aguas de cabecera por un grupo de taxones más tolerantes como Chironomidae, Baetidae, Simuliidae.

Por otra parte Forero y Reinoso (2013), realizaron una caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opia, con el fin de estimar la calidad del agua a través de la fauna béntica y variables fisicoquímicas. Los resultados fueron relevantes y constituyen uno de los primeros esfuerzos en el departamento del Tolima en utilizar estas herramientas para conocer a fondo el estado de la cuenca y su grado de intervención.

Diversos trabajos sustentan que el estudio de las comunidades de macro invertebrados sumado a los análisis de variables fisicoquímicas, arrojan una visión más amplia acerca del estado de contaminación en el que se puede encontrar una fuente hídrica (Hurtado et al., 2005; González et al., 2012; Hahn-vonHessberg et

al., 2009). El río Sinú es una de las principales fuentes de agua que abastece al departamento de Córdoba, se hace necesario realizar estudios que sean capaces de interpretar las características fisicoquímicas y biológicas de estos sistemas cuya importancia biológica y ecológica representan una riqueza invaluable. Por lo anterior se planteó como objetivo principal evaluar la calidad del agua del Río Sinú mediante un análisis comparativo de indicadores, en el tramo comprendido entre los Corregimientos de Jaraquiel y Garzones en el municipio de Montería, Córdoba, Colombia.

II. METODOLOGÍA

1. Generalidades de la zona de estudio

La Cuenca del río Sinú se localiza en el Suroccidente de la región Caribe, tiene una longitud de 437.97 kilómetros hasta desembocar en la zona de llanura en la Boca de Tinajones. Sus principales afluentes son los ríos Verde y Esmeralda (margen izquierda) y el Manso (margen derecha) (CVS, 2011).

Desde el punto de vista de su extensión, esta cuenca cuenta con 1'395.244 Ha. De ésta, el 93% corresponde al departamento de Córdoba, el 6% al departamento de Antioquia y el 1% al departamento de Sucre. La Cuenca representa el 55,7% del territorio departamental. El ancho promedio de la Cuenca es de unos 60 Km. El perímetro de la Cuenca del río Sinú es de 857 Km, con un cauce promedio del 0,85%, constituyéndose en uno de los ejes más estratégicos del desarrollo regional (CVS, 2014).

A. Área de estudio: El estudio se llevó a cabo en el tramo del Río Sinú que atraviesa el municipio de montería, específicamente en el comprendido entre los Corregimientos de Jaraquiel y Garzones (Figura 1).

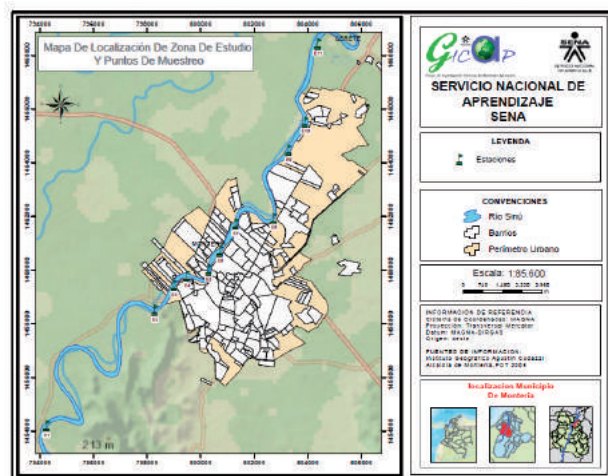


Figura 1. Ubicación de las localidades visitadas en la cuenca hidrográfica del Sinú, tramo comprendido entre los corregimientos de Jaraquiel y Garzones en el Municipio de Montería, Córdoba Colombia. Fuente: Propia

2. Fase de Campo

Se llevaron a cabo un total de cinco salidas de campo, previamente se realizó una visita de reconocimiento de la zona de estudio que permitió realizar la cuantificación de los vertimientos y establecer seis puntos de muestreo a partir de las actividades socioeconómicas desarrolladas en los alrededores. Existió un tiempo de dos meses entre cada toma de muestras, realizadas entre los meses de enero y agosto del 2016. Durante cada salida de campo y en cada estación de muestreo se efectuó la toma de muestras para agua residual, agua superficial y macroinvertebrados acuáticos, así mismo se registraron los datos de coordenadas geográficas y registro fotográfico.

Para la toma de muestras de los macroinvertebrados se siguió la metodología de Roldán (2003) modificada. Se dispuso una red de mano en contra de la corriente y a su vez se removió el fondo para capturar los macroinvertebrados presentes. Adicionalmente se colectaron los organismos adheridos a vegetación riparia, piedras, ramas y hojas. Seguidamente las muestras se guardaron en recipientes de plástico con alcohol al 70%, debidamente rotulado. Paralelo a la

recolección de material biológico se tomaron muestras de agua en frascos ámbar de vidrio (con capacidad de 1000 ml) para el análisis de variables físico-químicas siguiendo la metodología planteada por la APHA et al. (2012); Igualmente se tomaron muestras de agua en recipientes de vidrio esterilizados (con capacidad para 250 ml), para los análisis de colifor

Parámetros	Índices físicoquímicos		
	ICA-NSF	ICA-Rojas	ICAUCA
Coliformes fecales	x	x	x
Color			
Demanda bioquímica de oxígeno	x	x	x
Fosfatos			x
Fosforos total	x		
Nitratos	x		
Nitrógeno total			x
Oxígeno disuelto	x	x	x
pH	x	x	x
Sólidos disueltos totales	x	x	x
Sólidos suspendidos			x
Temperatura	x		

Tabla 1. Parámetros Físicoquímicos de acuerdo a los ICAS: ICA-NSF, ICA Rojas e ICAUCA.

mes fecales. En campo se determinó: oxígeno disuelto, pH, conductividad y temperatura.

3. Fase de Laboratorio

Se analizaron todas las muestras de agua siguiendo una rigurosa cadena de custodia, con procedimientos analíticos estandarizados analizando los parámetros: % de saturación de oxígeno disuelto, NMP de coliformes fecales/100ml, pH, demanda

bioquímica de oxígeno (DBO5), nitratos, fosfatos totales, desviación de la temperatura de equilibrio, turbiedad, sólidos totales (tabla 1).

En cuanto a los macroinvertebrados, se clasificaron por morfoespecies y para su identificación se emplearon claves taxonómicas, estereoscopio, cajas de Petri y pinzas entomológicas, los especímenes fueron identificados hasta el nivel de familia.

4. Análisis de la Información

Se calcularon los Índices ICA-NSF, ICA-Roja e ICAUCA a partir de los resultados de los análisis de parámetros físicoquímicos determinados en laboratorio a las muestras de agua (tabla 2).

Para evaluar la calidad de agua desde el punto de vista biológico se utilizó el índice BMWP/Col. (Roldán, 2003). La abundancia se tomó como el número total de individuos capturados por familia, la riqueza se determinó por el número de familias encontradas en cada punto. Los índices ecológicos se obtuvieron mediante el programa PRIMER V5.

III. RESULTADOS

En total se capturaron 1269 especímenes de macroinvertebrados, distribuidos 2 Phyllums, 3 Clases, 12 Órdenes y 39 familias. El Phylum Arthropoda y en general la clase Insecta fue la mejor representada reuniendo 9 órdenes y 35 familias. A nivel de los órdenes encontrados y de acuerdo al número de individuos colectados, Trichoptera fue el más abundante con un total de 437 individuos agrupados en 6 familias y representando un 34% de todos los organismos colectados, seguidamente se encontró el orden Díptera con 225 individuos lo que representa un 18%; Hemiptera

Código	Índice fisicoquímicos de calidad de agua					
	ICA NFS		ICA Rojas		ICAUCA	
	Rango	Clasificación	Rango	Clasificación	Rango	Clasificación
1	0-25	Muy mala calidad	0-20	Muy mala calidad	0-20	Pésima
2	26-50	Mala calidad	21-35	Mala calidad	21-35	Inadecuada
3	51-70	Mediana calidad	36-50	Mediana calidad	36-50	Aceptable
4	71-90	Buena calidad	51-80	Buena calidad	51-80	Buena
5	91-100	Excelente calidad	81-100	Excelente calidad	81-100	Optima

Tabla 2. Clasificación de los ICAS: ICA-NSF, ICA Rojas e ICAUCA.

con 199 individuos (16%), Ephemeroptera con 144 individuos (11%), Odonata con 74 individuos (6%), Coleóptera con 71 individuos (6%), Plecóptera con 62 individuos (5%), Decápoda con 29 individuos (2%), Megaloptera con 16 individuos (1%), Lepidóptera con 10 individuos (1%) y Basommatophora y Architaenioglossa con un individuo lo que representa 0.1% de todos los individuos colectados (figura 2).

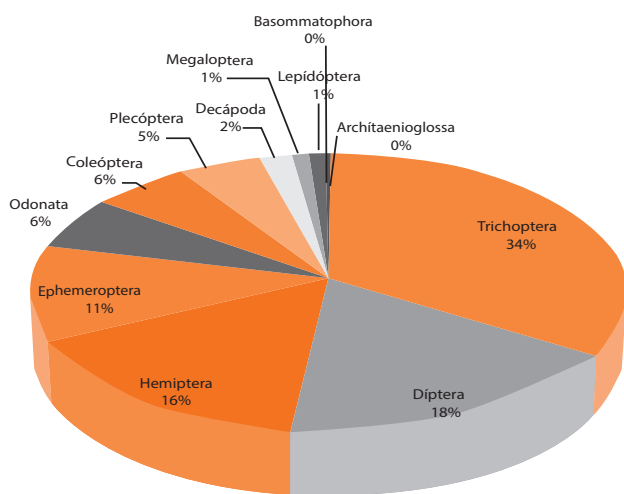


Figura 2. Porcentaje de abundancia relativa de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba. Fuente: Propia

Helicopsychidae con 89 individuos. En menor proporción se presentan las familias Hydrophilidae, Dytiscidae, Dryopidae, Muscidae, mientras que las

demás registraron una abundancia < 1%. Con relación a la diversidad de familias se reconoció que el orden Coleóptera fue el más diverso con 8 familias, seguido de Trichoptera con 6 familias y Lepidóptera, Basommatophora y Architaenioglossa con una sola familia cada uno (figura 3).

Hydropsychidae (Trichoptera) fue la familia más abundante, probablemente porque poseen la capacidad para sobrevivir en diferentes tipos de hábitats, que le ofrezcan el sustrato necesario como rocas, piedras, hojas, arena y grava. Estos organismos pueden tolerar aguas con un poco de perturbación (Roldán, 1996).

A. Índices ecológicos: De acuerdo a los valores obtenidos la mayor abundancia se presentó en la estación Jaraquiel con 450 individuos colectados y la menor se encontró en la estación Transito con 63 individuos, esto muy seguramente justificado por la gran perturbación que evidencia esta zona por efectos de sedimentación, contaminación e intervención antrópica. La mayor riqueza se encontró en el punto ubicado en Garzones, esta fue representada por 20 familias, seguido de los puntos Mocari y Bocatoma-Proactiva con 17 familias. El punto del Transito presentó la menor riqueza de familias con

[Sección]

solo 7. Los índices de diversidad de Shannon–Wiener fueron relativamente altos para el punto Mocari, moderadamente bajos para Garzones y Caracolí, bajos para las quebradas Jaraquiel, Bocatoma-Proactiva y Transito. Por otro lado el índice de Dominancia de Simpson fue bajo para todas las estaciones, lo que indica que pueden existir nichos disponibles para otras especies. De acuerdo a la uniformidad de Pielou esta fue alta para Transito, Garzones, Mocari y Caracolí, mientras que para las quebradas Jaraquiel y Bocatoma-Proactiva fue relativamente alto (Tabla 3).

Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos. Índice BMWP/Col.

	N	S	H'	J'	D	N1	N2
T	63	7	1,6	0,82	0,23	5	4
G	211	20	2,28	0,76	0,14	10	7
M	103	17	2,51	0,89	0,1	12	10
C	210	15	2,03	0,75	0,19	8	5
J	450	14	1,81	0,69	0,22	6	5
BP	159	17	1,75	0,62	0,25	6	4

Tabla 3. Índices ecológicos calculados para los seis puntos de muestreo ubicados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

El cálculo del índice BMWP Colombia se realizó de acuerdo a las familias de macroinvertebrados identificadas y la suma de los valores que corresponden a cada una, de forma general se puede decir que el índice BMWP/Col arrojó valores moderadamente altos para todas las estaciones de muestreo (excepto Transito). Por otro lado los puntos Jaraquiel, El menor valor de BMWP/Col fue el obtenido para el punto Transito y el mayor para Bocatoma-Proactiva. Como es conocido para ambientes loticos que se encuentran a una menor altura sobre el nivel mar el arrastre de sedimento es mayor con relación a los de alta montaña, algo que puede ser justificación para los valores obtenidos en este indicador BMWP para las estaciones

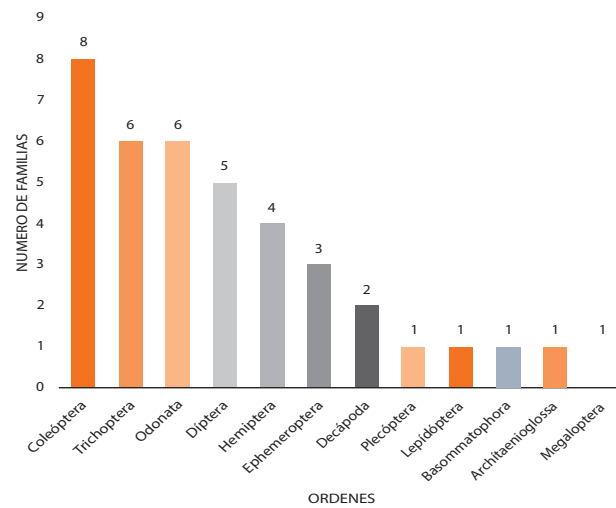


Figura 3. Diversidad de familias en los diferentes órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba. Fuente: Propia

muestreadas.

Estaciones de muestreo= T: transito, G: garzones, M: mocari, C: Caracolí, J: jaraquiel, BP: bocatoma-proactiva. Índices ecológicos= S: Número de especies por muestra; N: Número de individuos por muestreo; D: dominancia de Simpson; H': Índice de diversidad de Shannon–Wiener; J': Índice de uniformidad de Pielou; N1: Número de especies abundantes; N2: Número de especies muy abundantes. Fuente: Propia

Garzones, Mocari y Caracolí presentaron aguas aceptables, con un ligero grado de contaminación; esto posiblemente por la presencia cerca de potreros y de poblados que muy seguramente vierten de forma directa o indirecta desechos a este cuerpo de agua. El punto Transito presentó un agua de calidad dudosa, con un valor de BMWP de 48, muy por debajo de los valores de los demás puntos de muestreo. En este sitio se evidenciaron basuras y animales muertos (Tabla 4)

Calidad	Calidad	BMWP/Col.	Significado
Tránsito	<i>Dudosa</i>	48	<i>Aguas moderadamente contaminadas</i>
Garzones	<i>Aceptable</i>	98	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Mocari	<i>Aceptable</i>	85	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Caracolí	<i>Aceptable</i>	100	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Jaraquiel	<i>Aceptable</i>	93	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
<i>Bocato- ma-Proactiva</i>	<i>Buena</i>	124	<i>Aguas limpias</i>

Tabla 4. Índice BMWP/Col

Evaluación de la calidad del agua: índices ICA

En la tabla 5, están consignados el consolidado de los cinco muestreos realizados y la determinación de los parámetros fisicoquímicos a las muestras de agua tomadas en campo.

A partir del comportamiento promedio de los ICA evaluados, se observa que de acuerdo con el ICA-NSF la calidad del agua del Río Sinú se encuentra en el rango 71-90 lo cual la clasifica como Buena Calidad. Los índices ICA-Rojas e ICAUCA muestran una tendencia similar a la del ICA-NSF clasificando la calidad del agua como Buena (rangos entre 51-80), sin embargo, observamos que los puntos medios, donde el río va siendo más impactado por los diversos vertimientos que recibe producto de las actividades antrópicas entre las que se destaca los vertimientos de aguas residuales domésticas y la minería de arena y grava el valor de los índices tienden a disminuir un poco su valor.

En general, los ICA evaluados reflejan una buena calidad del agua del río, especialmente en los puntos de Jaraquiel y Bocatoma los cuales están ubicados antes del área de

influencia de la ciudad de Montería y por ende menos propensos a ser contaminados.

Relación entre la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables fisicoquímicas y microbiológicas

Las variables fisicoquímicas no están desligadas de las variables bióticas, los resultados obtenidos tras la aplicación de los índices BMWP/Col e ICA indican el deterioro paulatino de la calidad del agua del río en el tramo medio, es probable que estos resultados sean una combinación de las diferentes actividades socioeconómicas desarrolladas a lo largo del cauce, tales como las actividades agrícolas, procesos de erosión de la cuenca y vertido de efluentes residuales de tipo doméstico e industrial.

Muchos estudios han establecido la relación directa que tienen los macroinvertebrados acuáticos con variables fisicoquímicas del agua, tal es el caso reportado por Shiegh y Yang, (2000) que realizaron una investigación en un arroyo de montaña en Taiwán el cual fluye por una zona de intensa actividad agrícola, ellos encontraron que el uso de fertilizantes y otras sustancias químicas estaba relacionado con la baja densidad, diversidad y riqueza de macroinvertebrados y explicaban

Muestreo	Punto	J	B	C	T	M	G
1	ICA-NSF	73,5	75,9	73,3	74,0	76,8	81,1
	ICA-Rojas	73,58	70,8	71,5	73,6	77,1	9,2
	ICAUCA	64,2	66,5	64,1	63,6	67	74,1

Tabla 5. Resultados de ICAS para cada punto de muestreo ubicado en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

2	ICA-NFS	75,3	81,2	75,7	76,3	73,7	75,4
	ICA-Rojas	73,6	77,8	74,9	76,7	73,3	74,9
	ICAUCA	68,2	73	69,7	66,3	62,8	64,2
3	ICA-NFS	74,1	78,4	75,3	75,2	77,3	78,6
	ICA-Rojas	77,4	76,8	75	75,5	76,6	76,9
	ICAUCA	71	71,8	69,4	69,6	67,6	67
4	ICA-NFS	76,5	79,8	76,7	73	73,6	71,1
	ICA-Rojas	77,1	77,8	75,6	75,9	74,8	77,8
	ICAUCA	71,4	72,8	65,4	67,3	66,4	70,6
5	ICA-NFS	80,4	76,7	77,7	77,4	76,4	77,9
	ICA-Rojas	77,6	78,7	74	76,5	73,7	77,7
	ICAUCA	69,2	73,6	68,5	67,5	65,5	66,2

Tabla 5. Resultados de ICAS para cada punto de muestreo ubicado en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

*J: Jaraquiel, B: Bocatoma, C: Caracoli, T: Transito, M: Mocari, G: Garzones Fuente: Propia

A continuación en la tabla 6 se muestran algunas de las relaciones existentes entre taxones encontrados en el estudio y las variables fisicoquímicas.

<i>Familia</i>	Relacionadas con altos valores de	Relacionadas con bajos valores de
<i>Ampullariidae</i>	<i>Recuento</i>	
<i>Chironomidae</i>	<i>Recuento, conectividad</i>	<i>% de oxígeno</i>
<i>Libellulidae</i>	<i>% saturación de oxígeno y ppm, N.M.P</i>	
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Conductividad</i>	
<i>Veliidae</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Conductividad</i>
<i>Leptohyphidae</i>	<i>Recuento N.M.P</i>	
<i>Baetidae</i>	<i>% saturación de oxígeno y ppm</i>	
<i>Helicopsychidae</i>	<i>Conductividad, ppm, recuento, N.M.P</i>	
<i>Coenagrionidae</i>	<i>% saturación, Conductividad</i>	
<i>Gerridae</i>	<i>pH</i>	
<i>Palaemonidae</i>	<i>pH, Temperatura</i>	
<i>Tipulidae</i>	<i>Temperatura</i>	

Tabla 6. Relación entre la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables fisicoquímicas y microbiológicas..

los elevados valores de la conductividad eléctrica, la concentración de nitratos y la dureza del agua.

IV. CONCLUSIÓN

La integración de los índices ecológicos, bióticos y fisicoquímicos de calidad del agua y contaminación, permiten determinar la calidad del agua de forma más precisa y exacta, pues se genera un acercamiento más holístico al estado de los cuerpos de agua, la legislación ambiental no ha tenido en cuenta la gran utilidad e importancia de los métodos biológicos, en especial los relacionados con el empleo de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Las variaciones observadas en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados parecen evidenciar alteraciones locales en determinados puntos del sistema. Pese al impacto de origen antrópico sobre el sistema, el río A continuación en la tabla 6 se muestran algunas de las relaciones existentes entre taxones encontrados en el estudio y las variables fisicoquímicas. parece presentar una buena capacidad de autodepuración.

V. REFERENCIAS

Aldana, M. L. y Zacarias, E.E. (2013). Determinación de los índices de calidad de agua del río Cucabaj y la influencia en los costos de tratamientos de potabilización. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Centro Universitario de Quiché.

American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Environment Federation. (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA and WEF, Washington D.C., p 2-7, 4-138.

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge –CVS. (2014). Plan de acción para la temporada invernal en el departamento de Córdoba - PATI CVS. Montería – Colombia.

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J. y Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria, 10(17):111-124. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>.

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge –CVS. (2011). Plan de acción institucional 2012 – 2015. Montería – Colombia.

Caicedo, O. y Palacio J. (1998). Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada La mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). Rev. Actual. Biol. 20 (69):61-73.

Doledec, S., Dessaix, J, y Tachet, H. (1996). Changes within the Upper Rhone River macrobenthic communities after the completion of three hydroelectric schemes: anthropogenic effects or natural change? Arch. Hydrobiol., 136: 19-40.

Forero, A.M. y Reinoso, G. (2013). Evaluación de la calidad del agua del Río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Caldasia 35(2):371-387.

González, S., Ramírez, Y., Meza, A., Y Dias, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Bol.cient.mus.hist.nat. 16 (2): 135 – 148.

Hahn-vonHessberg, C., Toro, D., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G., y Serna-Urbe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de Palestina, Colombia. *bol.ci ent.mus.histw.nat.* 13 (2): 89 – 105.

Hurtado, S., García-Trejo, F., y Gutiérrez-Yurrita., P. J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomol. Méx.*, 44(3): 271-286.

Montoya, Y., Acosta, Y., y Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia* 33(1):193-210.

Oscóz, J., Campos, F. y Escala, M.C. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692.

Roldán, G. y Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 440p

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col.* Editorial Universidad Antioquia. Medellín, Colombia. 170p.

Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia.* Bogotá, Colombia: Fondo FEN. 218p.

Springer, M. (2010). Biomonitoring acuático. *Revista de Biología Tropical* 58:53-59.

Shiegh, S. y Yang, P. (2000). Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream on Taiwan. *Zoological Studies* 39: 191-202.

Torres, P., Hernán, C. y Patiño, P.J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15):79-94.