

INVESTIGACIÓN

Evaluación del Impacto Ambiental Sobre el Río Grande por el Vertimiento de Aguas Residuales Provenientes de la Estación Piscícola el Molino H&V Ubicada en Coconuco Cabecera del Municipio de Puracé del Departamento del Cauca

Arnol Arias Hoyos¹, Nelsy Gómez² y Fernando Castro²

1 Docente e investigador del grupo GIIAMS, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, Colombia.

2 Estudiante de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, Colombia.

Recibido: 28 de mayo de 2011; revisado: 17 de junio de 2011; aceptado: 14 de julio de 2011.

Resumen— El presente trabajo de investigación muestra la caracterización del impacto producido por el vertimiento de las aguas residuales, provenientes de una piscícola sobre las aguas del Río Grande, que pasan por Coconuco, cabecera del municipio de Puracé, Departamento del Cauca. La metodología utilizada fue la identificación de la comunidad de macroinvertebrados utilizando el Índice de Monitoreo Biológico (BMWP), la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas entrantes y salientes de la estación piscícola para así poder determinar la calidad del agua tanto del vertimiento como del cuerpo de agua receptor. Durante la realización de los muestreos biológicos, los resultados obtenidos en cuanto a la calidad biológica muestran que para el Punto 1 la calidad del agua es aceptable, indicando evidencia de algunos efectos de contaminación; para los Puntos 2 y 3, la calidad del agua es crítica, lo que indica que son aguas muy contaminadas.

Palabras Clave: Bioindicación, Físico-química del Agua, Piscicultura, Contaminación del Agua, Índice BMWP.

Abstract— The present investigation shows the characterization of the impact of the dumping of wastewater from a fish on the Rio Grande, passing through the Municipal Head of Coconuco, in the Municipality of Puracé, Department of Cauca, for which the methodology was the identification of the macroinvertebrate community using the Biological Monitoring Index (BMWP), physicochemical and microbiological quality of water entering and leaving the fish station in order to determine the water quality of both the dumping and the receiving water body. While performing biological sampling results regarding the biological quality show that for Site 1 water quality is acceptable, showing evidence of some effects of pollution for Items 2 and 3, the water quality is criticism, indicating that they are highly contaminated waters.

Keywords: Bioindication, physicochemical water, fisheries, water pollution, BMWP index.

I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, organizaciones de varias nacionalidades involucradas en el control del recurso hídrico, han usado de manera regular índices fisicoquímicos y biológicos para la valoración de la calidad del agua. Esto ha sido más notorio

desde la última década del siglo XX, en la que se dio un incremento importante en la aplicación de estos índices, lo que ha revertido, en la actualidad, a que exista una cantidad apreciable de formulaciones en diferentes latitudes y con propósitos que varían desde generales hasta específicos, producto de los esfuerzos y desarrollos investigativos tanto de agencias gubernamentales reguladoras de diferente orden, como de estudios de maestría y doctorado. En Colombia, de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua [1], la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos es una actividad rutinaria.

Un índice de calidad de agua consiste, básicamente, en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, el cual sirve como expresión de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso, un color. En consideración a lo anterior, se genera la actual investigación que contribuye de manera directa a mejorar el conocimiento del tema, especialmente en Coconuco, Cabecera del Municipio de Puracé del Departamento del Cauca, en el que este tipo de aportes llenan parte del vacío existente, por lo que su propósito fundamental es el de llevar a cabo la revisión de algunos de los más importantes índices utilizados en la valoración de la calidad del agua que existen hasta el momento, brindar información actualizada en cuanto a su finalidad, composición y estructura que se encuentran disponibles en diferentes fuentes bibliográficas, instituciones y redes, además de realizar entre ellos un análisis comparativo y evaluativo sobre la base de sus bondades e inconvenientes.

Los vertimientos provenientes de actividades agrícolas y pecuarias afectan de manera particular las fuentes hídricas a través de las descargas de agua usadas en sus procesos de producción y transformación sin ser previamente sometidas a un tipo de tratamiento que permita reducir la carga contaminante, lo que garantizaría minimizar el impacto sobre la fuente receptora y por ende de las comunidades acuáticas que habitan en ella.

Teniendo en cuenta la problemática que produce el vertimiento de aguas residuales generado por el cultivo de Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en estanques

piscícolas fue necesario determinar y analizar los impactos que pueden surgir en el tramo del Río Grande que pasa por la Estación Piscícola “El Molino H&V” ubicada en Coconuco Cabecera del Municipio de Puracé, que incluyeron el deterioro de ecosistemas acuáticos en términos de la contaminación del agua, reflejada en la alteración de las características físico – químicas hídricas, proliferación de agentes patógenos, afectación de la biota acuática, entre otras.

II. TEORÍA

A. Calidad del Agua

El término *Calidad del Agua* es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial [1].

B. Parámetros de Medición

1) Parámetros Biológicos

a) Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales (MAE)

El estudio de la biología y la ecología de las aguas continentales, brinda información acerca de las características fisicoquímicas del agua y del tipo de flora y fauna a ella asociadas. Mediante este tipo de estudio se puede conocer el estado de eutrofización o contaminación de un cuerpo de agua, su potabilidad para consumo humano y animal y su grado de aceptabilidad para irrigación, para usos industriales, para piscicultura y demás actividades humanas relacionadas con el campo hídrico, Roldan (1996) [3].

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que, de cualquier forma, su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquella cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita.

2) Grado de bioindicación

A cada organismo se le asignó la categoría que le correspondía de I a III. Este aspecto es fundamental para conocer el estado de contaminación del sistema (ver Tabla 5).

3) Parámetros Fisicoquímicos

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico, define su composición física y química. Los valores típicos en

efluentes piscícolas de los parámetros a medir serán tomados de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Salud.

Para la ejecución de este proyecto con la ayuda de equipos electrónicos se determinaron parámetros como temperatura ambiental e hídrica, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, DBO₅, pH, acidez total, alcalinidad total, dureza total y carbonácea, conductividad, amonio, nitritos y nitratos, fosfatos y turbidez.

C. Aguas Residuales

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios), R. S. F. (2004)⁴. Comúnmente las aguas residuales suelen clasificarse como:

- Aguas Residuales Municipales. Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.
- Aguas Residuales Industriales. Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de Industrias de Manufactura.

Otra forma de denominar a las Aguas Residuales es con base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como:

- Aguas negras a las Aguas Residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y Coliformes fecales.
- Aguas grises a las Aguas Residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.
- Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

D. Importancia de la Piscicultura en la Región

En cuanto a peces, el Municipio de Puracé presenta en sus zonas altas rurales gran cantidad de especies como la Trucha Arco Iris, la cual cuenta con buena aceptación en el mercado local, lo que permite a sus moradores un medio de subsistencia alterno a los cultivos tradicionales como el del café o el plátano. En la región existen excelentes condiciones para el desarrollo de la piscicultura, que bien puede realizarse con fines de consumo propio o con propósitos rentables y proyectos comerciales altamente desarrollados.

La piscicultura sigue siendo una indiscutible alternativa de producción rentable en los predios agropecuarios, los mercado

locales, siguen recibiendo y exigiendo más pescado proveniente de los cultivos controlados en cautiverio.

III. RESULTADOS

El proyecto estuvo enfocado a la evaluación del impacto que origina la producción piscícola (Trucha Arco Iris) en la fuente hídrica, Río Grande, aledaña a los estanques, por consiguiente los límites de estudio estuvieron relacionados a la investigación, evaluación y caracterización de parámetros biológicos, fisicoquímicos y bacteriológicos de la fuente hídrica de estudio, dando origen a resultados que permitieron determinar el estado y la calidad del agua.

Las zonas de muestreo fueron designadas de manera preliminar, tomando muestras simples en tres puntos del área de influencia de la estación piscícola durante tres meses, con una frecuencia de 2 muestreos por mes. Los puntos de muestreo fueron:

Punto 1: Bocatoma del Río Grande que surte a los estanques, aguas arriba de la estación piscícola.

Punto 2: Efluente de aguas residuales provenientes de los estanques ubicados a 50 metros de la estación piscícola

Punto 3: Punto de vertimiento ubicado a 90 metros de la estación piscícola.

A. Resultados de Parámetros Biológicos

La tabla II muestra el resumen de los diferentes macroinvertebrados colectado y su respectiva bioindicación, siendo la constante encontrar organismos de un medio oligotrófico y oligomesotrófico indicando que son aguas con baja o mediana carga de nutrientes orgánicos, lo cual asociado a los parámetros físico químicos encontrados como un promedio del 80% en oxígeno disuelto, hacen que según el índice BMWP (ver Tabla I) sea un agua de buena calidad, es decir que no están alteradas significativamente. Es de anotar que en este punto de muestreo existen algunos organismos indicadores de aguas contaminadas (Eutróficas), debido posiblemente al arrastre de material orgánico proveniente de las labores agrícolas cercanas al cauce del río y más aun, de la influencia de viviendas que se empieza a detectar en el sector de estudio y quienes podrían estar realizando vertimiento directo de sus aguas residuales al río Grande.

La caracterización de la Comunidad para este punto de muestreo es coherente con la Curva Normal, puesto que los valores de abundancia relativa están por debajo de la misma y concuerdan con la cantidad de géneros existentes. Se puede deducir que dicha Comunidad es indicadora de aguas Oligo – Mesotróficas y que conserva su equilibrio natural puesto que según el índice de diversidad Shannon – Weaver indica una mediana diversidad en este punto.

En cuanto la caracterización de la comunidad biológica, para el segundo punto de muestreo sigue siendo coherente con la Curva Normal. En comparación con el primer punto de muestreo se reduce la cantidad de géneros y la proporción de individuos debido a la gran influencia que han tenido los efluentes de los estanques piscícolas, los cuales han deteriorado la biota natural y por ende la barrera vegetal, existe presencia de organismos que son tolerantes con la contaminación orgánica. Se puede deducir que dicha comunidad es indicadora de aguas Oligo – Eutróficas

indicando aguas de calidad aceptable, aunque desde un punto de vista microbiológico se está realizando un alto aporte de Coliformes fecales por parte de los estanques piscícolas al río Grande quien es el receptor final. (Ver Tabla V).

En cuanto al tercer punto de muestreo los datos obtenidos manifiestan que hay una alteración del ecosistema en este sector de la fuente hídrica. En la Curva Normal los valores de abundancia más altos se concentran en el género *Physa*, siendo indicadores de aguas Meso-Eutróficas, por lo tanto, en este punto la Comunidad está en un medio altamente desequilibrado y ha dejado de ser un ecosistema acuático natural. Se puede deducir que dicha Comunidad es indicadora de aguas Oligo – Eutróficas y se considera según el índice BMWP en categoría V (Ver Tabla IV), es decir aguas en estado crítico y se deben tratar como aguas contaminadas. La razón de esta clasificación se debe, posiblemente, a que es un sector en donde el cuerpo de agua receptor está empezando a recibir vertimiento de aguas residuales domésticas del sector aledaño, así como también, de las aguas residuales provenientes de los estanques, lo que se confirma con los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos que muestran presencia de Coliformes fecales y totales mayor a 2419 NMP/100 ml, como también por los altos valores de conductividad encontrados. Esto refleja que es un medio hídrico con alta productividad, que puede deberse al arrastre de material alóctono aportante de iones, o al incremento de materia orgánica para descomponer lo que comprueba el alto número de organismos encontrados, como *physa* y *tubifex* quienes cumplen dicha función.

En las fuentes de agua existe gran diversidad de organismos, los cuales inciden en las propiedades físicas, organolépticas y bacteriológicas del agua; para el caso específico de los Coliformes totales, como lo indica la Tabla V, el valor encontrado en los tres puntos de muestreo es mayor a 2419.6 NMP lo cual excede los 2000 microorganismos/100 ml valor admisible para el tratamiento convencional establecido en la Resolución N° 2115 de 2007 del Ministerio de Salud. Dicho resultado se debe, muy seguramente, a que el Río Grande recibe cerca a los puntos de muestreo, descargas de aguas residuales de tipo doméstico provenientes de las viviendas ubicadas cerca a la ribera del río, y en el caso específico del vertimiento de los lagos piscícolas, se debe prestar atención a este valor encontrado, pues se debe iniciar con un proceso de desinfección o tratamiento convencional.

B. Resultados de Parámetros Físico – Químicos

Respecto a los datos obtenidos con este tipo de parámetros se debe mencionar que reflejan muchos las condiciones químicas encontradas en el momento del muestreo e influenciadas mucho por las condiciones climáticas que se presentaron durante la ejecución del proyecto, razón por la cual algunos de los datos físico químicos no concuerdan con la bioindicación encontrada, dado que en la mayoría de muestreos predominó la alta pluviosidad, lo que influyó en que el cuerpo receptor presentara mayor caudal y por lo tanto, ejerciera un mayor poder de dilución sobre los factores contaminantes.

En la Tabla VI se observa como los valores para oxígeno disuelto en todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de los rangos normales para este parámetro, considerando que los valores por arriba de 7 mg/l son aguas con aceptable calidad de O₂. La única característica particular es que en el primer muestreo en los tres puntos los valores obtenidos no son muy altos lo cual puede deberse a que este muestreo se realizó en una época de baja pluviosidad y en términos generales el primer punto de muestreo presenta las mejores condiciones en cuanto a cantidad de O₂. Una de las razones es que a esta altura el río presenta una muy buena velocidad y caudal, similar a lo que sucede en el punto 3, sitio en el cual la concentración de O₂ tiende a disminuir debido al vertimiento de aguas residuales de las viviendas ubicadas en la ribera del río, mientras que en el punto 2 del vertimiento piscícola, por el incremento de la turbidez las condiciones no son muy buenas para la producción de O₂.

En cuanto a los valores obtenidos para conductividad se observa que están por encima de lo normal, reflejando que es un medio hídrico con alta productividad. Para el caso de los puntos 1 y 3 puede deberse al arrastre de material alóctono quien aportaría una gran cantidad de iones a este sistema, pero que asociado a la buena cantidad de porcentaje de saturación de O₂ y el buen caudal del río no tiende a eutroficarse; caso contrario sucede en el punto 2 el cual está reflejando los valores más altos y esto se debe a la descarga contaminante que están haciendo los estanques piscícolas, lo cual asociado al bajo caudal de este vertimiento puede generar a corto plazo procesos de eutrofización pues el poder de dilución no es significativo.

Un valor de DBO₅ que rebase la máxima cantidad de oxígeno que pueda haber disuelto en el agua representara una situación de tensión, condición que no se presentaría en el área de estudio pues según lo observado en la Tabla V los valores obtenidos no son muy altos, pero si se debe tener en cuenta el dato del segundo punto de muestreo, debido a que al comparar los resultados obtenidos en las tres estaciones de muestreo las condiciones críticas se podrían presentar en la segunda estación debido a la mayor descarga de materia orgánica para descomponer proveniente de las aguas residuales de los lagos piscícolas, lo cual se ve corroborado por la presencia de un alto número de Coliformes totales según el análisis de microbiológico quienes se encargan de consumir el O₂ presente en el medio acuático para descomponer la materia orgánica al igual que por la presencia de los macroinvertebrados encontrados en este sitio quienes indican presencia de materia orgánica en descomposición, todo esto asociado al bajo caudal que se está presentando en este tipo de vertimiento.

En general se puede observar que los datos encontrados en la mayoría de parámetros evaluados para la segunda estación de muestreo, evidencian una pequeña variación con respecto al primer punto, lo cual indica que este vertimiento está ejerciendo un bajo grado de alteración al ecosistema en estudio, pero también los datos obtenidos indican que una vez las aguas de este vertimiento llegan al río Grande, que es el cuerpo de agua receptor, ejercen un alto poder de dilución, haciendo, por ejemplo, que el porcentaje de oxígeno disuelto

auge y factores como nitritos, fosfatos y DBO₅ estén dentro de los límites normales según la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Salud y la norma RAS 2000.

Según los datos obtenidos y las observaciones realizadas se puede inferir que el río Grande actuando como receptor final de las aguas residuales provenientes de la Estación Piscícola El Molino H&V no se está viendo afectado en un 100% por esta causa, pues también es evidente que este sistema hídrico receptor se está viendo influenciado negativamente por el vertimiento directo de las aguas residuales de tipo doméstico, provenientes de las viviendas cercanas a la orilla del río. También es significativo observar que algunas características del río como topografía, caudal, ubicación, asnm y las condiciones climáticas entre otras, le permiten al río tener una recuperación muy rápida, lo que evitaría que se convierta en un ecosistema eutroficado.

IV. CONCLUSIONES

Se logró evaluar el impacto generado por el vertimiento de aguas residuales generadas por la Estación Piscícola El Molino H&V sobre el Río Grande en Coconuco, encontrando que aunque no es un punto crítico si es necesario establecer un sistema de tratamiento preliminar para minimizar la contaminación generada por las aguas provenientes de los lagos piscícolas. Según el índice de BMWP, el primer punto de muestreo, bocatoma Río Grande está en la categoría II como aguas de calidad buena, no contaminadas o alteradas de modo sensible.

El Índice de BMWP para el segundo punto de muestreo, Efluente de las Aguas Residuales lo define en la Categoría III como Aguas de Calidad Aceptable, medianamente contaminadas, lo cual significa que los lagos piscícolas están aportando una baja carga contaminante.

El tercer punto de muestreo, Vertimiento, según el Índice de BMWP, está en la Categoría V como Aguas de Calidad Crítica, muy contaminadas, clasificación que no se debe únicamente al vertimiento de la piscícola sino también a las aguas residuales aportadas por las viviendas ubicadas cerca al Río Grande.

El agua para el tramo de la piscícola en el Río Grande es apta para destinarla a tratamientos convencionales con miras a consumo humano, ya que se observó que en algunos parámetros cumplen con los requisitos establecidos en el decreto 3930 de 2010 de Minsalud, a excepción del contenido de Coliformes fecales y totales debido a que el Río Grande recibe cerca a los puntos de muestreo descargas de aguas residuales de tipo doméstico provenientes de las viviendas ubicadas cerca a la ribera del río por lo cual, para el caso del vertimiento de los estanques piscícolas se debe prestar atención a estos valores encontrados, pues se debe iniciar con un proceso de desinfección.

De acuerdo con los resultados obtenidos referente a la físico química del agua, se concluye que las aguas analizadas en los tres puntos de muestreo, presentan una condición normal dado a que las concentraciones encontradas, en su gran mayoría se encuentran dentro de los rangos óptimos y normales según la reglamentación establecida en normas como el Decreto 3930

de 2010 del Ministerio de Salud, por medio del cual se regula el uso del agua y residuos líquidos.

Se puede deducir que el agua presenta una buena calidad fisicoquímica pero con alteraciones negativas de tipo microbiológico, lo que indica la presencia de Coliformes totales producto del vertimiento de aguas residuales domésticas que contienen heces fecales y que podrían contaminar el cultivo piscícola.

Las condiciones físicas del Río Grande como los son el gran caudal y la buena velocidad del agua le permiten a este sistema hídrico cumplir con una muy buena función y es la autodepuración, lo que se ve reflejando en los parámetros fisicoquímicos encontradas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la estación piscícola “El Molino H&V” ubicada en Coconuco cabecera del municipio de Puracé por permitir el ingreso a sus instalaciones y colaborar en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] DEAM. www.ideam.gov.co, 2001
- [2] J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [3] American Water Works Association, 1989. Manual de suministro de agua comunitaria. Ed. Ada Barrenechea Martel
- [4] Roldan P., G.1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, Medellín, Colombia. 217 p.
- [5] R. S. F. Nimukunda, R. Botero1, J. Yeomans. Cortés, G.2004. Tratamiento de Aguas Residuales.
- [6] Roldan P., G. Fundamentos de la limnología neotropical. Editorial universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 1992
- [7] Atsushi S.; Valencia, R. Piscicultura: sus bases, Métodos y Aplicaciones. EDITORIAL AEBUG. Armenia, Quindío, Colombia, 1995.
- [8] Zamora, H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de aguas epicontinentales en Colombia. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, departamento de Biología. Ciencias 4:47 – 59. Popayán, 1999.
- [9] Vasquez, G. Guía: Caracterización Fisicoquímica de cuerpos de aguas naturales. Facultad de Ciencias Naturales, exactas y de la educación. Departamento de Biología. Universidad del Cauca, 1994
Zamora, H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de aguas epicontinentales en Colombia. Universidad del Cauca.

Arnol Arias Hoyos: Biólogo de la Universidad del Cauca, 10 años de Docencia Universitaria en las instituciones: Corporación Universitaria Autónoma del Cauca y la Fundación Universitaria de Popayán, en los programas de Ecología, Ingeniería Industrial, Ingeniería Ambiental y en el técnico en Producción Bovina en las áreas de Biología, Genética, Química, Microbiología, Contaminación Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental. Coordinador de Laboratorios de la Fundación Universitaria de Popayán. Área de investigación en Microorganismo Eficientes y Estudio en Calidad Físico – Química y Biológica de aguas, miembro activo del grupo de investigación GIIAM del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Nelsy Gomez: Estudiante tesista de Ingeniería Ambiental y Sanitaria en la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Fernando Castro: Estudiante tesista de Ingeniería Ambiental y Sanitaria en la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Evaluación del Impacto Ambiental Sobre el Río Grande por el Vertimiento de Aguas Residuales...

TABLA I

Clases, Valores y Características para las Aguas Clasificadas Mediante el Índice BMWP Adaptado para Colombia

Clase	Calidad	Valor	Significado	Color Cartográfico
I	Muy Buena	>121	Aguas muy limpias	
III	Buena	101 – 120	Aguas limpias o no alteradas de modo sensible	
III	Aceptable	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	
IV	Dudosa	36 – 60	Aguas contaminadas	
V	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	
VI	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: ZAMORA, H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de aguas epicontinentales en Colombia. Unicauca Ciencia 4, Popayán, 2000.

TABLA II

Caracterización de la Comunidad de Macroinvertebrados colectados en el Primer Punto de muestreo, Bocatoma del Río Grande

ESTACIÓN	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Nº DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	BIOINDICACIÓN	PUNTAJE ÍNDICE BMWP		
PUNTO 1. Bocatoma río Grande	Arthropoda	Insecta	Odonata	Calopterygidae	Hetaerina	18	6,64	Oligo-Mesotrófico	8		
			Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	60	22,14	Oligotrófico	7		
				Baetidae	Beatodes	15	5,54	Oligotrófico	6		
				Leptophlebiidae	Thraulodes	2	0,74	Oligotrófico	9		
			Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche	23	8,49	Oligo-Mesotrófico	8		
				Polycentropodidae	Polypsectropus	4	1,48	Oligo-Mesotrófico	7		
				Hydropsychidae	Leptonema	4	1,48	Oligo-Eutrófico	6		
			Plecoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	6	2,21	Oligotrófico	9		
				Perlidae	Anacroneuria	2	0,74	Oligotrófico	10		
			Diptera	Chironomidae	Chironomus	2	0,74	Meso-Eutrófico	2		
				Blepharoceridae	Paltostoma	1	0,37	Oligotrófico	10		
			Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	11	4,06	Oligo-Mesotrófico	7		
				Ptilodactylidae	Anchytarsus	1	0,37	Oligo-Mesotrófico	8		
			Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	81	29,89	Meso-Eutrófico	2
				Bivalvia	Unionoidea	Unionidae	NN	3	1,11	Oligotrófico	6
			Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia	22	8,12	Oligo-Eutrófico	6
			Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	11	4,06	Eutrófico	1
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae		Placobdella	1	0,37	Eutrófico	2			
Nematomorpha	Nematomorpha	Gordioidea	Gordioidea	Gordius	4	1,48	Oligotrófico	6			
TOTAL					19 Géneros	271	100%	Oligo-Mesotróficos	120 Puntos		
ÍNDICE BMWP	Categoría II: Calidad Buena. Aguas limpias, no contaminadas o no alteradas de modo sensible										
ÍNDICE DE DIVERSIDAD	2,20 Mediana Diversidad			ÍNDICE DE SIMILARIDAD		Punto 1: 10,91%	Punto 2: 16,67%	Punto 3: 18,52%			

TABLA III

Caracterización de la Comunidad de Macroinvertebrados colectados en el Segundo Punto de muestreo, Efluente de las Aguas Residuales

ESTACIÓN	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Nº DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	BIOINDICACIÓN	PUNTAJE ÍNDICE BMWP			
Punto 2. Efluente de las Aguas Residuales	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Beatodes	2	1,10	Oligotrófico	6			
				Tricorythidae	Leptohyphes	6	3,30	Oligotrófico	7			
				Helicopsychidae	Helicopsyche	4	2,20	Oligo-Mesotrófico	8			
			Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	4	2,20	Oligotrófico	9			
				Hydropsychidae	Leptonema	3	1,65	Oligo-Eutrófico	6			
				Polycentropodidae	Polypsectropus	2	1,10	Oligo-Mesotrófico	7			
				Simuliidae	Simulium	4	2,20	Oligotrófico	9			
				Empididae	Hemerodromia	2	1,10	Oligo-Mesotrófico	7			
				Thaumaleidae	Thaumalea	1	0,55	Meso-Eutrófico	-			
			Diptera	Chironomidae	Chironomus	1	0,55	Meso-Eutrófico	2			
				Physidae	Physa	70	38,46	Meso-Eutrófico	2			
				Lymnaeidae	Lymnaea	14	7,69	Mesotrófico	2			
			Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Unionida	Unionidae	NN	5	2,75	Oligotrófico	6
						Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Placobdella	21	11,54	Eutrófico
			Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	Tubifex	35	19,23	Eutrófico	1
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida							Planariidae	Dugesia	8	4,40
TOTAL						16 Géneros	182	100%	Oligo-Eutróficos	80 Puntos		
ÍNDICE BMWP	Categoría III: Calidad Aceptable. Son evidentes algunos efectos de contaminación											
ÍNDICE DE DIVERSIDAD	2,00 Mediana Diversidad		ÍNDICE DE SIMILARIDAD		Punto 1: 10,91%		Punto 2: 16,67%		Punto 3: 18,52%			

TABLA IV

Caracterización de la Comunidad de Macroinvertebrados Colectados en el Tercer Punto de Muestreo, Vertimiento

ESTACIÓN	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Nº DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	BIOINDICACIÓN	PUNTAJE ÍNDICE BMWP		
Punto 3. Vertimiento	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	12	9,45	Oligotrófico	6		
				Leptophlebiidae	Thraulodes	4	3,15	Oligotrófico	9		
				Tricorythidae	Leptohyphes	6	4,72	Oligotrófico	7		
			Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche	3	2,36	Oligo-Mesotrófico	8		
				Hydropsychidae	Leptonema	1	0,79	Oligo-Eutrófico	6		
				Hydrobiosidae	Atopsyche	2	1,57	Oligotrófico	9		
				Chironomidae	Chironomus	3	2,36	Meso-Eutrófico	2		
				Simuliidae	Simulium	1	0,79	Oligotrófico	9		
				Physidae	Physa	40	31,50	Meso-Eutrófico	2		
			Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	1	0,79	Mesotrófico	2
						Unionida	Unionidae	NN	19	14,96	Oligotrófico
			Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia	15	11,81	Oligo-Eutrófico	6
			Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	19	14,96	Eutrófico	1
			Nematomorpha	Nematomorpha	Gordioidea	Gordioidea	Gordius	1	0,79	Oligotrófico	6
			TOTAL						14 Géneros	127	100%
ÍNDICE BMWP	Categoría V: Calidad Crítica. Aguas muy contaminadas										
ÍNDICE DE DIVERSIDAD	2,06 Mediana Diversidad		ÍNDICE DE SIMILARIDAD		Punto 1: 10,91%		Punto 2: 16,67%		Punto 3: 18,52%		

TABLA V
Coliformes Totales y Fecales

Puntos Muestreo	Parámetro	Método	Valor (NMP/100ml)
Punto 1	Coliformes totales y fecales	Sustrato Definido	>2419.6
Punto 2	Coliformes totales y fecales	Sustrato Definido	>2419.6
Punto 3	Coliformes totales y fecales	Sustrato Definido	>2419.6

TABLA VI
 Datos Estadísticos de los Parámetros Fisicoquímicos

PARÁMETRO	PUNTOS DE MUESTREO	MEDIA	DESVIACIÓN
Oxígeno Disuelto	Punto 1	7,6	0,9
	Punto 2	7	1
	Punto 3	8	0,4
% de Saturación	Punto 1	87	19,1
	Punto 2	89	17,3
	Punto 3	91	16,7
Conductividad	Punto 1	209	52,2
	Punto 2	221	63,2
	Punto 3	205	62,4
Sólidos Totales Disueltos	Punto 1	115	21,7
	Punto 2	116	24,1
	Punto 3	111	24,9
Turbidez	Punto 1	8	3,1
	Punto 2	10	4,3
	Punto 3	10	3,1
Acidez	Punto 1	56,7	30
	Punto 2	53,4	21,7
	Punto 3	58,0	30,4
Alcalinidad	Punto 1	100,9	42,8
	Punto 2	156,0	118,9
	Punto 3	103,1	73,2
Dureza Total	Punto 1	248	305,7
	Punto 2	152	89,3
	Punto 3	310	319,9
Dureza carbonacea	Punto 1	103	33,9
	Punto 2	108	31,3
	Punto 3	104	28,8
Nitratos	Punto 1	11	7,2
	Punto 2	11	7,5
	Punto 3	13,0	6,7
Nitritos	Punto 1	0,04	0,08
	Punto 2	0,01	0,02
	Punto 3	0	0,0
Fosfatos	Punto 1	0,3	0,1
	Punto 2	0,4	0,1
	Punto 3	0,4	0,1
DBO5	Punto 1	21	18,3
	Punto 2	31	19,4
	Punto 3	24,4	18,7
PH	Punto 1	7,8	0,2
	Punto 2	7,65	0,2
	Punto 3	7,68	0,2