

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PASTO

Mediante la utilización de bioindicadores

PASTO RIVER WATER QUALITY DETERMINATION Through bioindicators

Fecha de recepción: 28 de septiembre de 2009

Fecha de aprobación: 9 de octubre de 2009

Por Mery Liliana López Martínez

Bióloga, Universidad Nacional de Colombia

Especialista en Microbiología,

Universidad Católica de Manizales

Profesora Asistente. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental.

Universidad Mariana. Coordinadora Sub línea de Recursos Hídricos, Grupo de Investigación Ambiental GIA. mlopez@umariana.edu.co

merymoon1970@hotmail.com

RESUMEN

El Río Pasto es una fuente hídrica muy importante porque atraviesa toda la ciudad de su mismo nombre, convirtiéndolo en el receptor de todos los vertimientos de aguas residuales e industriales que se genera en la ciudad. Actualmente se está haciendo diferentes estudios para evaluar su estado y determinar el grado de los impactos generados.

Generalmente la evaluación de la calidad del agua se hace por medio de parámetros físico – químicos, los cuales suministran información instantánea de las condiciones del agua. Un método alternativo para evaluar la calidad del agua, con un alto nivel de confiabilidad y que muestra las condiciones presentes y pasadas de un cuerpo de agua es la utilización de bioindicadores. En los ecosistemas lóticos, los principales grupos de organismos que se utiliza como indicadores, son las algas de perifiton y los macroinvertebrados acuáticos.

En el caso específico de este estudio se va a determinar la calidad del agua del Río Pasto mediante la utilización de los índices de Margalef y Simpson para algas de perifiton y el método BMWP/Col para macroinvertebrados acuáticos.

PALABRAS CLAVE

Bioindicadores, Calidad del agua, Algas de perifiton, Macroinvertebrados acuáticos, Índices de Margalef y Simpson, BMWP/Col.

ABSTRACT

Pasto River is a very important water source because it crosses the whole city of the same name, turning it into the recipient of all the sewage and industrial waste generated in the city. Nowadays different studies are done to evaluate its condition and to determine the degree of the impacts generated.

Generally water quality evaluation is done through physical - chemical parameters, which give instant information of the conditions of the water. An alternative method to evaluate the water quality, with a high level of reliability and that shows the present and past conditions of body water is the using of bioindicators. In the lotic ecosystems, the principal groups of organisms used as indicators, are the periphyton algae and the aquatic macroinvertebrates.

In this specific study it is going to determine the Pasto River water quality by Margalef's and Simpson's index for periphyton algae and the method BMWP/Col for aquatic macroinvertebrates.

KEY WORDS

water quality, periphyton algae, aquatic macroinvertebrates, Margalef's and Simpson's index, BMWP/Col.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos hídricos es motivo constante de preocupación para el hombre, pues existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas acuáticos, sobre todo porque, en general, las aguas dulces sirven como vía de evacuación de productos no utilizables, procedentes de la industria, la agricultura y el metabolismo humano y animal [1].

Para evaluar la calidad de agua han sido utilizados, esencialmente, parámetros físico-químicos, que si bien en principio son de una gran precisión, la información que suministran son respecto a las condiciones instantáneas de las aguas y los efectos de los contaminantes son detectados si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos.

Todo organismo vivo tiene unas preferencias o exigencias con respecto a los diferentes factores físico-químicos y bióticos del ambiente. Los diferentes hábitats son colonizados por poblaciones animales y vegetales, cuya estructura responde a un cierto equilibrio, en condiciones normales. Cuando sobreviene una perturbación en el medio, tiene lugar un profundo trastorno en la estructura de las poblaciones, que se manifiesta por un cambio de la dominancia relativa de las diferentes especies, acompañado por sustituciones en la fauna y flora, pudiendo llegar a la desaparición completa de la comunidad, cuando la perturbación es demasiado drástica.

El estudio de la estructura de la comunidad que sobrevive en un medio contaminado no suele proporcionar un conocimiento de la naturaleza exacta del agente perturbador, pero permite sospechar de una u otras fuentes de contaminación en aquellos casos en que las técnicas físico-químicas son inoperantes y en todo caso, son un complemento de las mismas.

Los bioindicadores informan de la situación momentánea y de la acontecida algún tiempo antes de la toma de muestras; es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas [2]. Según la literatura disponible los macroinvertebrados acuáticos y las microalgas son los dos grupos que ha menudo se recomienda usar en evaluaciones de calidad de agua. [3]

Las algas de perifiton son utilizadas como bioindicadores en ecosistemas lóticos porque son, generalmente, el grupo autotrófico dominante, están presentes a lo largo de todo el río, no presentan complicaciones en su ciclo y ecológicamente son mejor conocidas que otros grupos. Las principales ventajas de utilizar algas como indicadoras de la calidad de las aguas son:

- Su carácter cosmopolita.
- La sensibilidad de algunas especies de este grupo a los cambios ambientales, frente a la tolerancia de otras.
- La facilidad y rapidez de muestrear en grandes cantidades y sobre pequeñas áreas superficiales.
- La preservación, re-chequeo y distribución a otros laboratorios del material utilizado para el montaje de las preparaciones.
- La escasa probabilidad de daño al ser removidas de los sustratos naturales o artificiales.

El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua tiene cuando menos 100 años de antigüedad [4]. Los macroinvertebrados acuáticos son generalmente abundantes, relativamente fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del microscopio, o cuando menos, de infraestructura sofisticada. Presentan las siguientes ventajas:

- Son prácticamente universales.
- Son sedentarios.
- Son extremadamente sensibles a perturbaciones.
- Presentan largos ciclos de vida.
- Muestran una respuesta inmediata ante un determinado impacto.
- Presentan un patrón de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas.

El Río Pasto fue escogido para este estudio por ser una fuente hídrica muy importante, pues atraviesa toda la ciudad de su mismo nombre, convirtiéndose en receptor de todos los vertimientos de aguas residuales e industriales que se genera en ella.

Su cuenca es uno de los principales afluentes del Río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del río Patía que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes en el Departamento de Nariño, al suroccidente de Colombia. La longitud del cauce principal es de 58.62 Km., medidos desde la unión de las quebradas El Retiro y Las Tiendas, hasta la desembocadura en el Río Juanambú. En general, en la cuenca pueden ser identificados tres grandes sectores denominados: alto, medio y bajo.

El sector alto comprende desde la divisoria sur de la cuenca hasta el sector donde se encuentra ubicada la bocatoma del acueducto Centenario que abastece a la ciudad de Pasto, caracterizado por concentrar ecosistemas protectores. La parte media abarca principalmente la ciudad de Pasto y subcuencas aferentes, su tramo es el ubicado entre la bocatoma Centenario y la estación del IDEAM ubicada en la parte anterior de la Universidad de Nariño. Por su parte el tramo inferior comprende desde la estación IDEAM hasta la desembocadura al Río Juanambú. [5].

1. METODOLOGÍA

1.1 TOMA DE MUESTRAS

Se hizo un recorrido a lo largo de todo el Río Pasto, donde se determinó los puntos de muestreo, teniendo en cuenta la representatividad ecológica de los mismos. Los sitios determinados para hacer el muestreo son presentados en la tabla 1. El día 4 de marzo de 2009 se tomó las muestras.

Tabla1. Puntos de muestreo

NO. DE PUNTO	NOMBRE
PUNTO 1	Punto Inicial
PUNTO 2	Antes de PTAR La Laguna
PUNTO 3	Después de Bocatoma Centenario
PUNTO 4	Antes de Descarga Quebrada Miraflores
PUNTO 5	Antes de Hospital Infantil
PUNTO 6	Puente Club del Comercio
PUNTO 7	Estación IDEAM
PUNTO 8	Después de Hidroeléctrica Julio Bravo
PUNTO 9	Casabuy
PUNTO 10	Providencia
PUNTO 11	Ensilada

Fuente: esta investigación, San Juan de Pasto, Mayo de 2009.

1.1.1 ALGAS DE PERIFITON

Las muestras de algas perifíticas, fueron recolectadas mediante la técnica de raspado de sustrato. Se tomó un área de 9 cm², y se hizo raspado sobre rocas, troncos, hojas caídas, en zonas de remanso y raudal.

Las muestras fueron preservadas con solución Transeau en proporción 1:1 en frascos plásticos de 100 ml. de capacidad. Los recipientes fueron etiquetados, sellados y transportados al laboratorio para realizar la respectiva identificación.

Las muestras en el laboratorio fueron observadas en el microscopio, para lo cual se realizó transectos con identificación hasta el nivel de morfo-especie y conteo de número de individuos. Para la identificación de las algas se utilizó las claves de Ling & Tyler (2000), Cox (1996), Bourelly (1966, 1968, 1970), Bicudo & Bicu-

do (1970), Coesel (1983, 1985, 1987), Comas (1989a, 1989b, 1990, 1992, 1996), González (1995), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988), Tell & Conforti (1986).

1.1.2 MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados fueron recolectados mediante el empleo de una malla Surber de 250 μ m de diámetro de poro y un área de 400 cm². Los sitios de colecta incorporaron zonas de raudal y remanso con el fin de abarcar la mayor heterogeneidad de hábitats.

Las muestras obtenidas en cada uno de los cuadrantes por sitio de muestreo no fueron colectadas independientemente de acuerdo con el tipo de sustrato o hábitat. Éstas fueron integradas en una sola muestra, de tal forma que se estableciera algunos elementos de las condiciones actuales de los ecosistemas acuáticos y su biota asociada.

Los organismos colectados fueron pasados manualmente, mediante el empleo de pinzas y pinceles, a frascos plásticos de 100 ml. Se preservó las muestras con alcohol etílico al 70%. Se etiquetó, selló y transportó los recipientes al laboratorio para su identificación. Los macroinvertebrados fueron identificados utilizando las claves taxonómicas de Merrit y Cumins (1996) y Roldán (1998).

1. 2. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se conoce y utiliza generalmente un alto número de índices para evaluar la diversidad, los cuales asumen diferentes aspectos de la misma. En este caso, se utilizó para el análisis de la diversidad de algas de perifiton, el índice de Diversidad de Margalef y el índice de dominancia de Simpson.

El primero se calcula mediante la siguiente fórmula [6]:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde: S = Número de especies.
N = Número total de individuos.

El segundo se calcula mediante la siguiente fórmula [7]:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

A medida que λ se incrementa, la diversidad decrece. La diversidad puede entonces calcularse como $1/\lambda$ o bien $1/\lambda$.

Para los macroinvertebrados acuáticos se utilizó el método BMWP/Col, que consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados, los cuales, para Colombia, han sido previamente establecidos por Roldán [8].

El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia, los datos son cualitativos. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben un puntaje de diez; en cambio, las más tolerantes a la contaminación reciben un puntaje de uno. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP.

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), esto es, el puntaje total BMWP dividido entre el número de taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación. Tabla 2. La interpretación de los resultados se realiza como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

FAMILIAS	PUNTAJE
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	10
<i>Ampullaridae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyniridae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.</i>	7
<i>Aeschnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiariidae.</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.</i>	2
<i>Tubificidae.</i>	1

Fuente: Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia.

Tabla 3. Clases de calidad de agua, valores de BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>100	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 16	Aguas fuertemente contaminadas.	Rojo

Fuente: Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia.

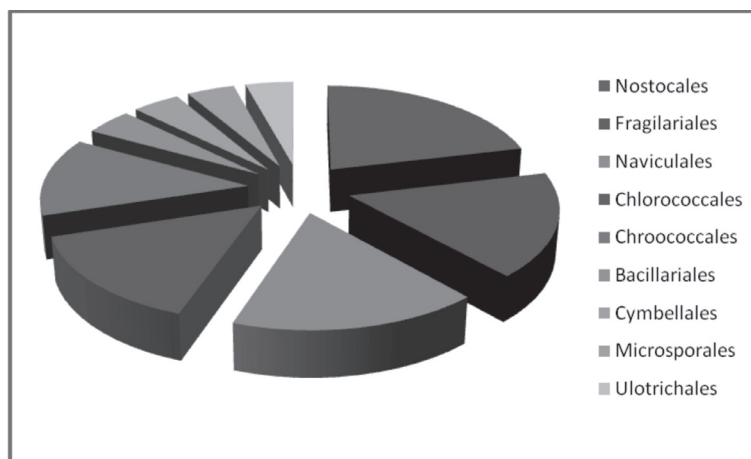
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1. ALGAS DE PERIFITON

En la figura 1 se presenta la distribución de órdenes taxonómicos por número de familias de algas, en donde se aprecia que la familia más rica corresponde a Nostocales, con 10 especies, seguido de Fragilariales y Naviculales, con 8, luego están Chlorococcales con

7, Chroococcales con 6 y Bacillariales, Cymbellales, Microsporales y Ulotrichales con 2 especies cada una. Adicionalmente se presenta 8 familias con una sola especie.

Figura 1. Familias de algas de perifiton encontradas



Fuente: esta investigación, San Juan de Pasto, Mayo de 2009.

Por puntos de muestreo las especies más importantes fueron las siguientes:

- Punto inicial: *Navicula* sp. 1, con 15,6%, *Navicula* sp. 2, con 14,8% y *Oscillatoria* sp. 1, con 13,6%.
- Antes de PTAR La Laguna: *Mastogloia* sp. 1, con 19,5%, *Navicula* sp. 2, con 17,1% y *Cymbella* sp. 1, con 14,6%.
- Después de Bocatoma Centenario: *Stauroneis* sp. 1, con 30%, *Navicula* sp. 1, con 22,5% y *Chlorococcum* sp. 1, con 10%.
- Antes de descarga de la Quebrada Miraflores: *Navicula* sp. 3, con 35,9%, *Amphipleura* sp. 1, con 26,2% y *Stauroneis* sp. 1, con 14,6%.
- Antes del Hospital Infantil: *Mastogloia* sp. 1, con 28,6%, *Navicula* sp. 1, con 16,4%, *Stauroneis* sp. 1, con 13,6% y *Pinnularia* sp. 1, con 10%.
- Puente Club del Comercio: *Navicula* sp. 2, con 26%.
- Estación IDEAM: *Navicula* sp. 1, con 19,9%, *Navicula* sp. 2, con 17,9%, *Oscillatoria* sp. 1, con 15,2%, *Pinnularia* sp. 1 con 11,82% y *Stauroneis* sp. 1 con 11,1%.
- Después de la Hidroeléctrica Julio Bravo: *Navicula* sp. 2, con 34,3%, *Mastogloia* sp. 1 con 22,4% y *Navicula* sp. 1 con 11,4%.
- Casabuy: *Navicula* sp. 1, con 47,5% y *Anacystis* sp. 1, con 18%.

- Providencia: *Navicula* sp. 3, con 19,2%, *Chlorococcum* sp. 1, con 14,6%, *Mastogloia* sp. 1 y *Navicula* sp. 2, con 13,1% y *Pinnularia* sp. 1, con 12,3%.
- Ensellada: *Navicula* sp. 3, con 38,1%, *Navicula* sp. 2, con 13,1% y *Anacystis* sp. 1, con 11,4%.

En la tabla cuatro se presenta los resultados de los índices de Margalef y Simpson calculados para cada punto de muestreo.

Tabla 4. Índices de diversidad calculados para los sitios de muestreo

INDICE	PUNTOS DE MUESTREO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Margalef	3,28	2,91	2,74	2,10	2,43	2,13	1,58	2,16	1,70	2,26	1,93
Simpson	0,10	0,11	0,17	0,23	0,15	0,19	0,14	0,19	0,27	0,12	0,19
1-Simpson	0,90	0,89	0,83	0,77	0,85	0,81	0,86	0,81	0,73	0,88	0,81
1/Simpson	10,44	8,81	6,05	4,44	6,86	5,36	7,32	5,15	3,70	8,51	5,14

Fuente: esta investigación, San Juan de Pasto, Mayo de 2009.

En general, se presenta un descenso de la diversidad desde el Punto Inicial hasta el punto en que se ubicó antes de la descarga de la Quebrada Miraflores. A partir del punto antes del Hospital Infantil y hasta estación IDEAM se ha presentado un ascenso inicial, seguido de un descenso paulatino en los valores de diversidad media, después de la Hidroeléctrica Julio Bravo. Para Casabuy se presenta un valor relativamente bajo; en Providencia sube nuevamente y baja ligeramente en la Ensellada. Es probable que este comportamiento se deba a la capacidad de auto recuperación del Río, así como al aumento de la reaireación dada por las pendientes que facilitan el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera.

Los valores obtenidos en los índices indican que el Río Pasto presenta una aceptable calidad biótica en el punto inicial y antes de la PTAR de La Laguna, deficiente en el punto después de bocatoma Centenario y antes

de descarga de la Quebrada Miraflores, pésima en el Hospital Infantil, Puente Club del Comercio, estación IDEAM y después de la Hidroeléctrica Julio Bravo y presenta una ligera recuperación en las últimas tres estaciones Casabuy, Providencia y Ensellada.

2.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

En la tabla 5 se presenta el resumen de las familias de macroinvertebrados encontradas en cada punto de muestreo. El signo + significa que la familia está presente en ese punto.

En la tabla 6 se presenta los valores de bioindicación encontrados mediante el método BMWP/Col, el valor del ASPT, la calidad del agua según los valores del BMWP y ASPT y la clave de color que se debe utilizar en una representación cartográfica.

Tabla 5. Familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en cada punto de muestreo.

FAMILIA	PUNTOS DE MUESTREO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Baetidae	+	+	+	+					+	+	
Blepharoceridae	+	+	+	+							
Chironomidae	+	+		+		+	+	+	+	+	
Coenagrionidae										+	
Elmidae	+	+	+	+							
Glossosomatidae		+	+	+							
Helicopsychidae		+									
Hyaellidae	+			+							
Hydrobiosidae		+									
Hydropsychidae										+	+
Leptoceridae	+	+								+	
Leptophlebiidae									+		
Lymnaeidae			+	+							
Naucoridae		+	+	+							
Planariidae	+		+	+					+		
Ptilodactylidae	+										
Scirtidae	+										
Simuliidae	+	+									+
Tipulidae									+		
Tricorythidae	+										
Tubificidae					+	+	+		+		

Fuente: esta investigación, San Juan de Pasto, Mayo de 2009.

Tabla 6. Valores de Bioindicación. Macroinvertebrados acuáticos

PUNTO DE MUESTREO	ASPT	BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLAVE DE COLOR
Punto Inicial	7,27	80	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
Antes de PTAR La Laguna	7,20	72	Aceptable		
Después de Bocatoma Centenario	7,00	49	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	amarillo
Antes de Descarga Quebrada Miraflores	6,44	58	Dudosa		
Antes de Hospital Infantil	1,00	1	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo
Puente Club del Comercio	1,50	3	Muy crítica		
Estación IDEAM	1,50	3	Muy crítica		
Después de Hidroeléctrica Julio Bravo	2,00	1	Muy crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
Casabuy	5,00	30	Crítica		
Providencia	6,40	32	Crítica		
Ensellada	8,00	16	Crítica		

Fuente: esta investigación, San Juan de Pasto, Mayo de 2009.

En general, los valores encontrados tanto en algas como en macroinvertebrados indican que la calidad del agua del Río Pasto en su parte alta se puede considerar como buena; al entrar en la ciudad de San Juan de Pasto el río recibe la mayor cantidad de contaminantes haciendo que la calidad del agua sea muy mala y en la parte baja la calidad mejora, pero sigue considerándose agua muy contaminada.

3. CONCLUSIONES

- Los valores del índice BMWP/Col muestran calidades de agua totalmente diferentes: agua ligeramente contaminada en la parte alta de la cuenca, agua fuertemente contaminada en la parte media de la cuenca y agua muy contaminada en la parte baja de la cuenca, valores que están de acuerdo con las características propias de cada tramo.
- Los valores obtenidos en los índices para las algas de perifiton indican que el Río Pasto presenta una aceptable calidad biótica en el punto inicial y antes de la PTAR de La Laguna, deficiente en el punto después de Bocatoma Centenario y antes de descarga de la Quebrada Miraflores, pésima en las demás estaciones, aunque se manifiesta una ligera recuperación en Casabuy, Providencia y Ensellada.
- A medida que el río avanza, se presenta una disminución en la diversidad de especies, debido al aumento de la carga contaminante en el cauce del río; en el tramo final se evidencia una leve recuperación de la calidad del agua, relacionada con el aumento de los procesos de reaeración en el río.

REFERENCIAS

1. Norris, R. y Hawkins, C. Monitoring river health. *Hydrobiología* 435: 5-17. 2000.
2. Toro, J; Schuster, J; Kurosawa, J; Araya, E; Contreras, M. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bio-indicadores Río Maipo (Santiago: Chile).

Santiago de Chile. Memorias XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. 2003.

3. Roldán, G. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia, 1992.
4. Alba – Tercedor, J. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes, basado en el de Hellawell (1978). Granada, España. *Limnética*, 4: 51-56. 1988
5. Grupo de Investigación Ambiental GIA, Sub línea de Recursos Hídricos. Informe final de investigación. Modelación del Río Pasto, una herramienta para la planificación del recurso hídrico. Fase uno. 2008
6. Margalef, R. Limnología. Barcelona. Editorial Omega. 1983.
7. Odum, E. Fundamentos de Ecología. México. Editorial Thompson. 2005
8. Roldán, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 2003.