



## Macroinvertebrate and Periphyton Community Composition and Structure of the Ejido River, Popayán - Cauca

Sandra Morales Velasco  
Universidad del Cauca

Margarita del Rosario Salazar Sánchez  
Universidad del Cauca

José Dulis Urrea Ledesma  
Universidad del Cauca

Received: July 15, 2015

Accepted: April 27, 2016

Pag. 11-25

### Abstract

The Ejido River is an ecosystem of ecological and social importance which flows through much of the city of Popayán becoming an environmental axis, but human activities have led to a deterioration of this ecosystem. In order to establish indicators for this water resource, the aquatic community was evaluated (Macroinvertebrates and periphyton), performing sampling (4) in four points distributed over the urban area of the city, where there were variations of the physico-chemical characteristics of water in relation to the biota present. According to the score awarded by the BMWP, 4 sampling points are classified in class V ( $\leq 15$ ) as being heavily polluted waters. 18 genera of algae were identified, the most frequent were: *Anabaena*, *Chlamydomona*, *Euglenophyta*, *Oscillatoria*, *Trachelomona*, *Merismopedia* and *Tabellaria*, which is an indicator of eutrophication and high content of organic matter; a condition due to dumping from the life stock slaughter center and the lack of a sewerage system.

**Keywords:** Bioindicators, Quality of water, Biomonitoring.

## Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados y perifiton del río Ejido, Popayán – Cauca

### Resumen

El río Ejido es un ecosistema de importancia ecológica y social, que atraviesa gran parte de la ciudad de Popayán convirtiéndose en un eje ambiental, pero las diferentes actividades antrópicas han conllevado a un deterioro del ecosistema. Con el fin de establecer indicadores de este recurso hídrico, se evaluó la comunidad acuática (Macroinvertebrados y Perifiton); realizándose muestreos (4), en cuatro puntos distribuidos sobre la zona urbana de la ciudad, donde se registraron las variaciones de las características fisicoquímicas del agua en relación con la biota presente. De acuerdo a la puntuación otorgada por el BMWP, los 4 puntos de muestreo se catalogan en clase V ( $\leq 15$ ) siendo aguas fuertemente contaminadas. Se identificaron 18 géneros de algas, los más frecuentes fueron: *Anabaena*, *Chlamydomona*, *Euglenophyta*, *Oscillatoria*, *Trachelomona*, *Merismopedia* y *Tabellaria*, indicadoras de eutrofia y altos contenidos de materia orgánica; condición debida a los vertimientos de la central de sacrificio (matadero) y de la carencia de sistema de alcantarillado.

**Palabras clave:** Bioindicadores, Calidad de agua, Biomonitoreo.

## 1 Introducción

Los ecosistemas loticos (arroyos, quebradas y ríos) se caracterizan por el continuo y rápido caudal de sus aguas, que afectan los flujos de energía, el transporte de materia orgánica y otros elementos; influenciando la biodiversidad, las sucesiones ecológicas y el mantenimiento de los equilibrios ecológicos<sup>(1)</sup>. Es así como las comunidades acuáticas (Macroinvertebrados y Fitoplancton) son sensibles a cambios en los factores bióticos y abióticos en su entorno, siendo, en consecuencia, la estructura de la comunidad, un indicador de la condición de los sistemas acuáticos<sup>(2-4)</sup>.

Diferentes metodologías sobre bioindicación, asignan puntuaciones numéricas a los organismos de cada nivel taxonómico, donde los cambios en la presencia /ausencia, la morfología, la fisiología o el comportamiento de estos organismos pueden indicar rangos particulares de la calidad del agua donde estos se desarrollan y los límites preferidos por ellos<sup>(2,4,5)</sup>.

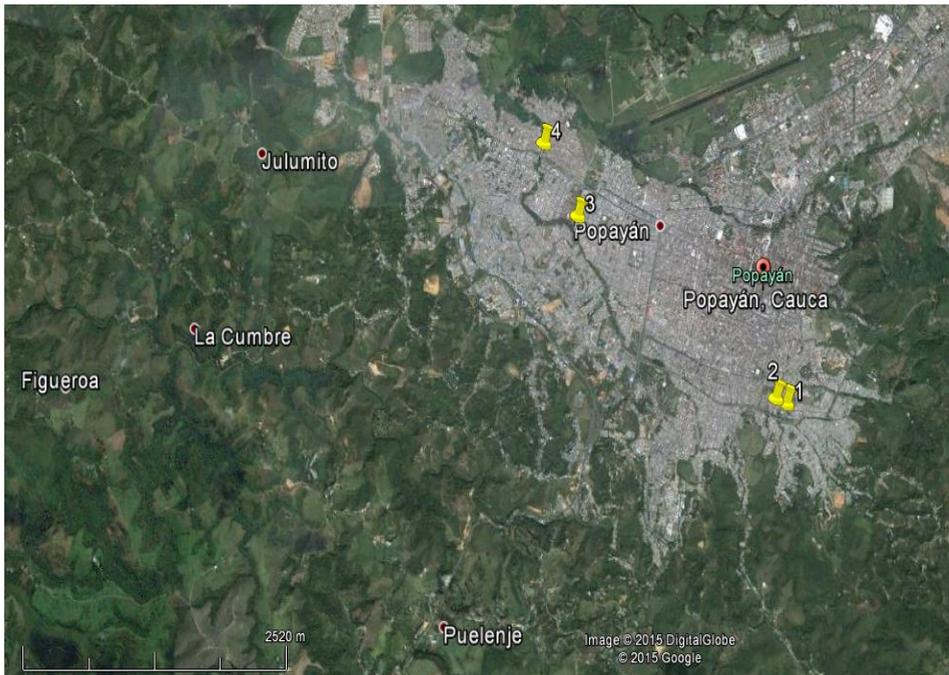
En Colombia, los estudios limnológicos se han enfocado en el conocimiento taxonómico de los macroinvertebrados, el desarrollo y la aplicación de métodos de bioindicación<sup>(1,6-9)</sup>, Investigaciones realizadas en el departamento del Cauca han encontrado diferencias en las variables biológicas con respecto al espacio y al tiempo; es decir, los cambios en las características fisicoquímicas influenciaron el agrupamiento de organismos<sup>(10,11)</sup>. Otro grupo biológico usado como bioindicador son las algas, por la sensibilidad a los cambios en las características físico-químicas del agua, la facilidad y rapidez de muestrear, la resistencia al ser removidas de los sustratos naturales o artificiales<sup>(12)</sup>. Algunos estudios documentan las variaciones del perifiton como indicadores de estado trófico en ecosistemas lénticos<sup>(13,14)</sup>, oscilaciones del fitoplancton en aguas azufradas<sup>(15)</sup> y ensamblajes algales y la funcionalidad dentro del sistema<sup>(11)</sup>, pero aún son escasas, las investigaciones en aguas corrientes.

Las condiciones anteriores exponen a estas comunidades biológicas, como grupos potenciales para evaluar impactos temporales en el medio. Por tal razón y con el fin de poder evidenciar el efecto de las diferentes actividades antrópicas y generar a futuro estrategias de monitoreo y manejo, se realizó una caracterización de la comunidad acuática del río Ejido; ecosistema de importancia ecológica y social porque atraviesa gran parte de la ciudad de Popayán, convirtiéndose en receptor de todos los vertimientos de aguas residuales e industriales que se generan en ella.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

El río Ejido hace parte de la Subcuenca Molino-Pubús, fuente hídrica afluente directo del río Cauca. El territorio de la subcuenca está ubicado en el municipio de Popayán. Se realizaron 4 muestreos (1 por mes; dos en período de sequía y dos, en lluvia), en 4 puntos distribuidos sobre la zona urbana de Popayán (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo en el municipio de Popayán.

Como se muestra en la Figura 1, los puntos de muestreo se distribuyeron de la siguiente manera:

**Punto 1.** Localizado al sur oriente de la ciudad de Popayán a  $2^{\circ}25'51,98''N - 76^{\circ}36'14,64''O$ , se forma de la unión de las quebradas Tinajas y Molanga. La profundidad del río es de 30 cm, el ancho es de 3.30 m y tiene poca vegetación riparia, compuesta principalmente por gramíneas.

**Punto 2.** A  $2^{\circ}25'53,28''N - 76^{\circ}36'17,95''O$ , el ancho del cauce es de 3 m y su profundidad de 0.70 m, por lo cual el caudal es rápido después del vertimiento de las aguas residuales de la central de sacrificios por medio de un colector y es depositario de basuras por parte de los habitantes de este lugar.

**Punto 3.** Ubicado a  $2^{\circ}26'40,09''N - 76^{\circ}37'20,49''O$ , el ancho del cauce es de 11.5 m, y posee una profundidad de 1.3 m. La vegetación se caracteriza por ser arbórea, con especies como *Trichanthera gigantea*, *Tabebuia sp.*, *Salix humboldtiana* y *Spathodea campanulata*; en este tramo del río, no se aprecian viviendas asentadas en su orilla, pero si se nota una gran cantidad de residuos sólidos inorgánicos.

**Punto 4.** Situado a  $2^{\circ}26'59,11''N - 76^{\circ}37'31,40''O$ , es afectado por el vertimiento de las aguas servidas de las viviendas aledañas, ya que no hay sistema de alcantarillado y, unido a esto, se identificaron porquerizas desde las cuales las aguas provenientes del lavado son enviadas directamente al río.

## 2.2 Variables fisicoquímicas

Se recorrió el río Ejido desde el primero al cuarto punto previamente seleccionado. Durante el transcurso, se realizaron análisis fisicoquímicos *in situ* con el equipo AQUAMERCK®, que consiste en pruebas rápidas visuales o colorimétricas. El kit contiene todos los accesorios y reactivos necesarios para analizar cada parámetro. Las pruebas consisten en titulaciones en campo que producen una reacción de color por la adición de los reactivos a la solución de muestra. El color obtenido es comparado con los registros que trae el kit el cual asigna un valor a los parámetros analizados que, para el presente estudio, fueron: Oxígeno disuelto (mg/L), pH, Nitratos (mg/L), Temperatura (°C), Gas carbónico disuelto (mg/L), Dureza carbonácea (mg/L) y Alcalinidad (mol/L).

## 2.3 Variables microbiológicas

Las muestras colectadas fueron refrigeradas y llevadas al laboratorio en donde previamente se habían esterilizado los instrumentos a utilizar. Las diluciones usadas fueron: 10<sup>-7</sup> y 10<sup>-8</sup>. Una vez se realizaron las diluciones y se obtuvieron las deseadas, se procedió a filtrar al vacío, con filtros de 0.45 micras. Posteriormente, fueron sembradas en cajas de Petri las cuales contenían Agar Endo, se llevaron a incubar a 37.0° C y 44.5° C, para el crecimiento de Coliformes totales y fecales, respectivamente.

## 2.4 Estructura y composición de macroinvertebrados

El método de recolección y tratamiento de las muestras en campo se realizó de acuerdo con las metodologías establecidas por Roldán<sup>(6)</sup>, para el análisis biológico basado en macroinvertebrados acuáticos. Con el objeto de recolectar la mayor cantidad posible de especies y de individuos, se exploró cada uno de los hábitats posibles para el lugar de muestreo, teniendo en cuenta que no es recomendable muestrear después de lluvias intensas.

La recolección en general se realizó atendiendo el método de flotación en el que se utiliza una red de bentos (Diámetro: 500 micras; Tamaño 25 cm x 40 cm), puesta en contra corriente, mientras se removía el sustrato durante un período de 5 a 10 minutos, muestreando en los diferentes microhábitats del sitio. Como complemento para los procesos de bioindicación, se colectaron manualmente los individuos, levantando rocas, piedras, ramas sumergidas en cuya superficie se encontraron organismos adheridos, que se tomaron con ayuda de pinzas y se guardaron en frascos con alcohol al 70%.

Las muestras se revisaron en el laboratorio, las cuales se organizaron en bandejas blancas iluminadas, para remover cualquier tipo de sustrato de los organismos. Bajo estereoscopio y con ayuda de guías y claves taxonómicas, se procedió a su identificación, se utilizaron las guías de identificación taxonómica de Roldán<sup>(1,6)</sup>. La identificación se realizó hasta familia para poder calcular el índice de calidad y hasta género, para el índice de diversidad. Una vez identificadas los organismos, se guardaron en frascos individuales con alcohol al 70%.

### 2.4.1 Bioindicación de la calidad del agua

Basado en parámetros biológicos para hacer integraciones espaciales y temporales de los organismos y de la estructura de su comunidad, el método BMWP/Col, consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados <sup>(1,16)</sup>.

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.

### 2.5 Estructura y composición de algas

Para el muestreo de comunidades perifíticas, se hicieron raspados de diferentes sustratos con un cepillo de cerdas suaves en dos formas: con un cuadrante de 5 x 5 cm, para el análisis cuantitativo y obteniendo material ficológico, para el análisis cualitativo. Al frotar el resto del sustrato, ambas muestras se colocaron por separado en frascos de 50 mL con los datos correspondientes. Los especímenes fueron fijados con formol al 4%, y posteriormente identificados en el laboratorio de la Universidad del Cauca.

Las muestras fueron observadas en el microscopio. Para la identificación de las algas, se utilizaron las claves para euglofitas <sup>(17)</sup>; para algas verdes, Diatomeas <sup>(18-22)</sup>.

### 2.6 Índice de similitud Bray-Curtis

Usando el Software PAST, se aplicó el índice de similitud de Bray-Curtis a las comunidades de macroinvertebrados y de algas. Tal medida expresa la diferencia entre la composición de la comunidad de las muestras que pertenecen a localidades de referencia y cualquier muestra con la que queramos compararlas. Esta medida incluye datos cuantitativos que permiten otorgar un valor de importancia a cada una de las especies que componen la comunidad <sup>(23)</sup>.

Este índice se formula con el siguiente algoritmo:

$$DBC = \frac{\sum_{i=1}^s [X_{ij} - X_{ik}]}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]} \quad (1)$$

DBC = medida de similitud Bray-Curtis entre las muestras j y k (expresada como porcentaje)

X<sub>ij</sub> = número de individuos de la especie i en la muestra j

X<sub>ik</sub> = número de individuos de la especie i en la muestra k

### 3 Resultados y discusión

#### 3.1 Variables fisicoquímicas

En la Tabla 1, se registran el comportamiento de las variables fisicoquímicas para los 4 puntos de muestreo.

**Tabla 1.** Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en los cuatro puntos de muestreo.

Punto	1				2			3			4		
	N	X	S	$\sigma^2$									
Oxígeno disuelto (mg/L)	4	0.85	0.04	0.00	0.73	0.01	0.00	4.78	0.17	0.03	3.00	0.00	0.00
pH	4	7.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	6.90	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00
Nitratos (mg/L)	4	10.00	0.00	0.00	10.00	0.82	0.67	10.00	0.00	0.00	20.00	0.82	0.67
Temperatura (°C)	4	19.00	0.91	0.83	19.18	0.13	0.02	19.10	0.08	0.01	19.35	0.33	0.11
Gas carbónico disuelto (mg/L)	4	0.19	0.06	0.00	0.10	0.00	0.00	0.30	0.14	0.02	0.30	0.08	0.01
Dureza carbonácea (mol/L)	4	3.50	0.08	0.01	6.20	0.14	0.02	2.50	0.41	0.17	0.90	0.08	0.01
Alcalinidad (mol/L)	4	1.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.70	0.08	0.01

De acuerdo con la varianza y la desviación estándar, las fluctuaciones entre los diferentes tiempos de medición fueron bajos, evidenciando una estabilidad en las condiciones fisicoquímicas del agua que pueden deberse a los efectos combinados del viento, lluvias o corrientes propias del río <sup>(24)</sup>.

De acuerdo con la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se evidenciaron diferencias estadísticas entre los puntos de muestreo (1-2 y 3-4) para oxígeno disuelto y gas carbónico disuelto. Esto se debe a los tensores generados por los vertimientos de desechos provenientes de la planta de sacrificio de animales, aguas residuales y de desechos orgánicos e inorgánicos, lo que indica una alta actividad bacteriana (aerobia y anaerobia) que consume el oxígeno y libera el CO<sub>2</sub> disuelto como producto de la descomposición de la materia orgánica <sup>(1,24)</sup>. Posterior a este punto, se infiere un proceso de recuperación – estabilidad, dado a que el río es canalizado durante un tramo para después seguir su trayecto a través de un box coulvert.

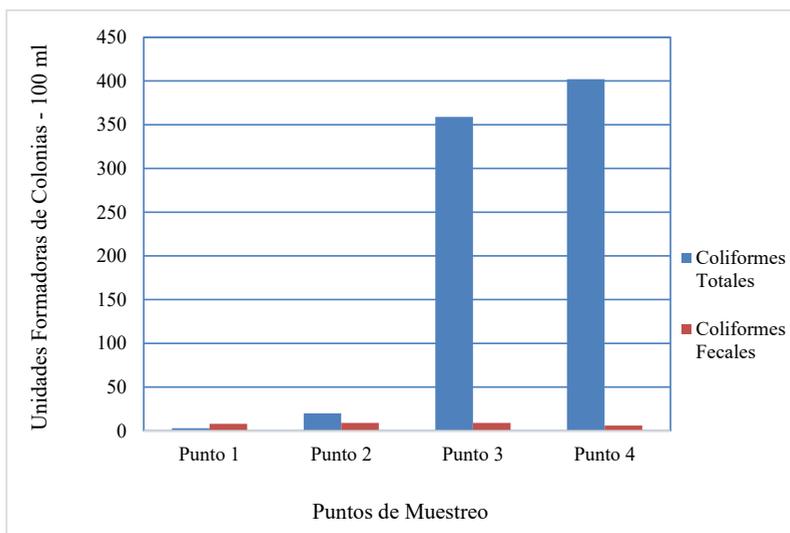
En cuanto a los nitratos, la dureza carbonácea y la alcalinidad, presentaron variaciones entre los puntos 1, 2, 3 y el 4; esto debido a que en este lugar hay presencia de porcíolas artesanales que vierten las aguas sin ningún tratamiento, lo que ocasiona contaminación química debido a la excreción de grandes cantidades de nitrógeno (En forma de nitratos), la cual varía dependiendo del tamaño y edad del animal y se realiza por vías urinarias <sup>(25)</sup>.

El valor registrado para la alcalinidad es leve, como consecuencia de los agentes contaminantes que normalmente son aguas servidas que contienen altos valores de residuos

de jabones y detergentes (bases) <sup>(26,27)</sup>, que concuerda con los niveles de  $\text{CaCO}_3$  (6.2 mg /L), catalogando las aguas del río Ejido como blandas por estar en un rango entre 0-25 mg  $\text{CaCO}_3$  /L, las cuales son biológicamente poco productivas <sup>(24)</sup>.

### 3.2 Variables microbiológicas

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos en la prueba microbiológica, donde se registra una mayor cantidad de colonias para las coliformes totales la cual se incrementó en la medida que se avanzó en el curso del río.



**Figura 2.** Unidades Formadoras de Colonias de Coliformes en los cuatro puntos de muestreo.

Lo anterior evidencia el impacto generado no sólo por los vertimientos de la central de sacrificio de la ciudad, sino también por las aguas servidas de las comunas 5, 6, 7, 8 y 9 de la ciudad, las cuales carecen de sistemas de alcantarillado, sumándose la descarga de residuos sólidos.

La presencia de estos grupos de organismos microbiológicos (Coliformes totales y fecales) indica que sobre las fuentes de agua estudiadas ocurren descargas de desechos sanitarios, poniendo en riesgo la salud humana, siendo vulnerable la población infantil, la de adulto mayor, ampliamente representada en la zona de estudio, recuperadores de oficio y habitantes sobre las orillas del cauce.

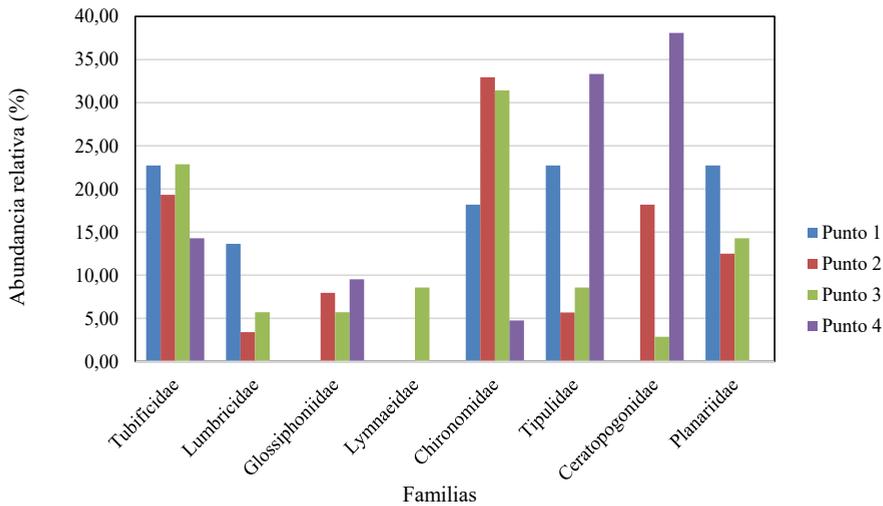
### 3.3 Estructura y composición de macroinvertebrados

Se encontró un total de 144 individuos, distribuidos en ocho (8) familias pertenecientes a seis (6) órdenes, siendo el orden Díptera el más abundante con 52 individuos, seguido del orden Haplótaxida con 10 individuos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comunidad de macroinvertebrados acuáticos por punto de muestreo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Número de individuos por Punto			
					1	2	3	4
Anellida	Oligochaete	Haplotaaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	5	17	8	3
			Lumbricidae	<i>Lumbricus</i>	3	3	2	-
	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	<i>Hellobdella</i>	-	7	2	2
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Physa</i>	-	-	3	-
Arthropoda			Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	4	29
	Tipulidae	<i>Tipula</i>			5	5	3	7
	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>			-	16	1	8
Playhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	5	11	5	-

El orden menos abundante fue Basommatophora con 3 individuos. Las familias Chironomidae y Tubificidae fueron las más representativas con un 33.0 % y 22.9 %; seguidas de la familia Ceratopogonidae 8.1 %; cabe resaltar que las familias Lumbricidae (3.5%), Glossiphoniidae (5.7%) y Lymnaeidae (8.6%) fueron las menos abundantes durante el periodo de estudio (Figura 3).



**Figura 3.** Abundancia relativa de Macroinvertebrados por punto de muestreo.

Teniendo en cuenta la evaluación biológica por medio del método BMWP (“*Biological Monitoring Working Party*”) que suma las puntuaciones asignadas a los distintos taxones que se encuentren en las muestras de macroinvertebrados, se obtuvieron los siguientes resultados: (Tabla 3).

**Tabla 3.** *BMWP para los puntos de muestreo.*

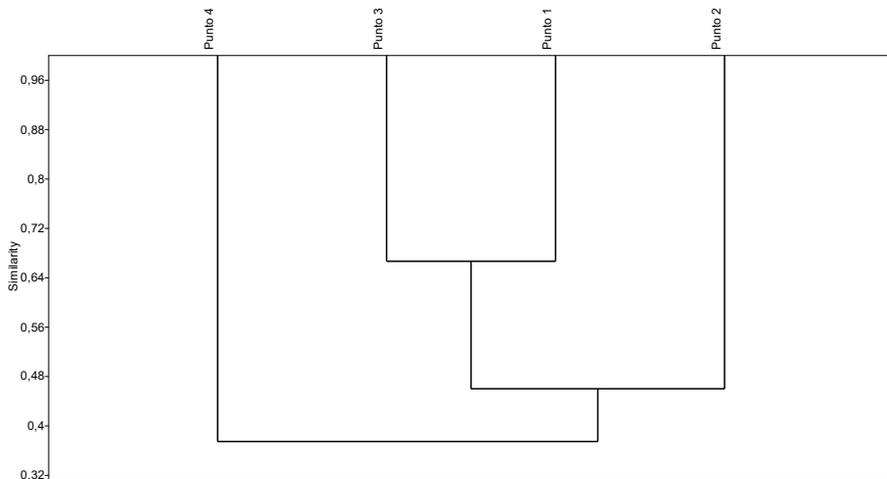
BMVP			
Punto 1: Antes de la central de Sacrificio	Punto 2: Central de Sacrificio	Punto 3: Puente	Punto 4: Chuni
2.86	2.68	2.71	2.67

De acuerdo con los bioindicadores presentes en cada uno de los sitios de muestreo y con la puntuación otorgada por el BMWP <sup>(3,6)</sup> los 4 puntos de muestreo, se catalogan en clase V ( $\leq 15$ ), siendo aguas fuertemente contaminadas. La puntuación asignada a un taxón se encuentra en función de la sensibilidad a la contaminación orgánica y a las variaciones de oxígeno que este tipo de contaminación suele provocar en la mayor parte de los ríos <sup>(1,3,4,6)</sup>.

Las especies registradas en los tramos muestreados del río, se sitúan en las zonas de menor corriente, a veces en medio hiporreico (Alta concentración de sedimentos) y en mayor abundancia en tramos de corriente, que evidencia la preferencia ecológica de los puntos de fuerte concentración de materia orgánica <sup>(27-30)</sup>.

### 3.4 Similitud para macroinvertebrados

En la Figura 4 se muestra la abundancia para macroinvertebrados en los puntos de muestreo.

**Figura 4.** *Dendrograma de similitud Bray – Curtis para la comunidad de Macroinvertebrados.*

El dendrograma evidencia una similaridad del 66.0% entre los puntos de muestreo 1 y 3, esto debido a la presencia de las especies del género *Lumbricus* y *Tipula*, indicadoras de aguas con materia orgánica en descomposición. Unido a este agrupamiento, se halla el punto 2 (similaridad de 41.9%), que comparten *Atrichopogon* y *Hellobdella*, las cuales están presentes en aguas contaminadas pero asociadas a sustratos rocosos <sup>(6,29)</sup>. Se considera que el sitio 4 presenta un valor de Bray-Curtis del 38.0%, lo que evidencia que la comunidad de macroinvertebrados es diferente y está dado por la riqueza específica de especies (5) y la abundancia de los mismos.

### 3.5 Estructura y composición del perifiton

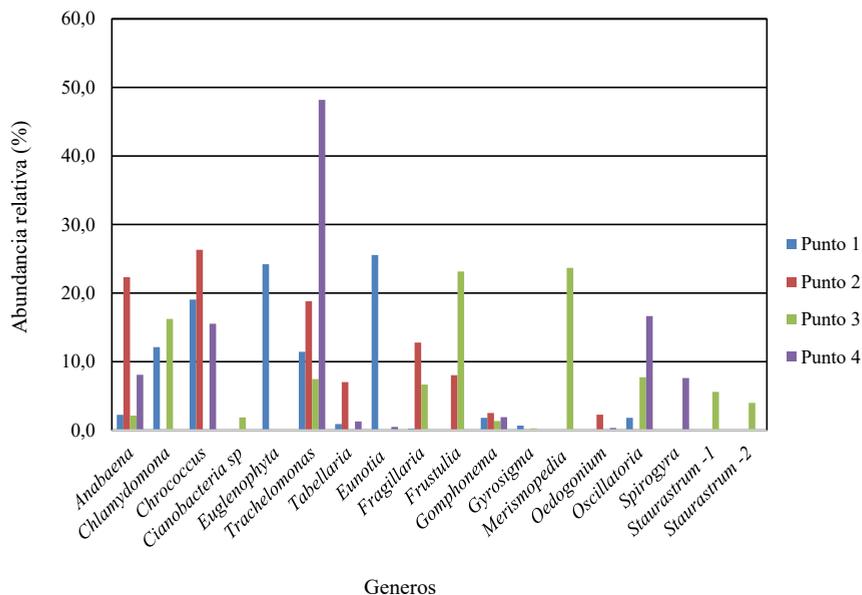
En la Tabla 4, se registran las familias los géneros observados durante el período de estudio. El total de géneros registrados fue de 18, distribuidos en 15 familias en las divisiones Cyanophyta, Diatomophyta, Rhodophyta y Bacilliarophyta principalmente.

**Tabla 4.** Comunidad perifítica por punto de muestreo.

Familia	Genero	Número de individuos por punto			
		1	2	3	4
Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	10	89	8	51
Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomona</i>	54	-	61	
Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	85	105	-	98
Cyanophyceae	<i>Cianobacteria sp</i>	-	-	7	-
	<i>Euglenophyta</i>	108	-	-	-
Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i>	51	75	28	304
Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	4	28	-	8
Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	114	-	-	3
Fragilariaceae	<i>Fragillaria</i>	1	51	25	-
Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	-	32	87	-
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	8	10	5	12
Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	3	-	1	-
Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i>	-	-	89	-
Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	-	9	-	2
Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	8	-	29	105
	<i>Spirogyra</i>	-	-	-	48
Zygnemataceae	<i>Staurastrum -1</i>	-	-	21	-
	<i>Staurastrum -2</i>	-	-	15	-

En cuanto al número de individuos, *Gyrosigma* presentó el menor valor (4) a diferencia de las *Trachelomonas* que tuvieron 458 con mayor presencia en el punto 4; esto se debe a que este género se considera como cosmopolita en aguas dulces que habita aguas eutróficas <sup>(16,31,32)</sup>.

Las abundancias relativas muestran las fluctuaciones de las algas entre los puntos de muestreo (Figura 5), evidenciando presencia-ausencia entre los tramos; esto debido a que los organismos perifíticos poseen atributos, como cortos tiempos de regeneración que les permiten presentar cambios rápidos en respuesta a cambios ambientales <sup>(28,33)</sup>. Por lo tanto, los cambios en las asociaciones algales son útiles en la respuesta presentada por estos organismos a impactos ambientales con excesos de nutrientes y sustancias tóxicas, convirtiéndose así en buenos indicadores de cambios en la calidad del agua <sup>(31,33)</sup>.



**Figura 5.** Abundancia relativa para el perifiton del río Ejido.

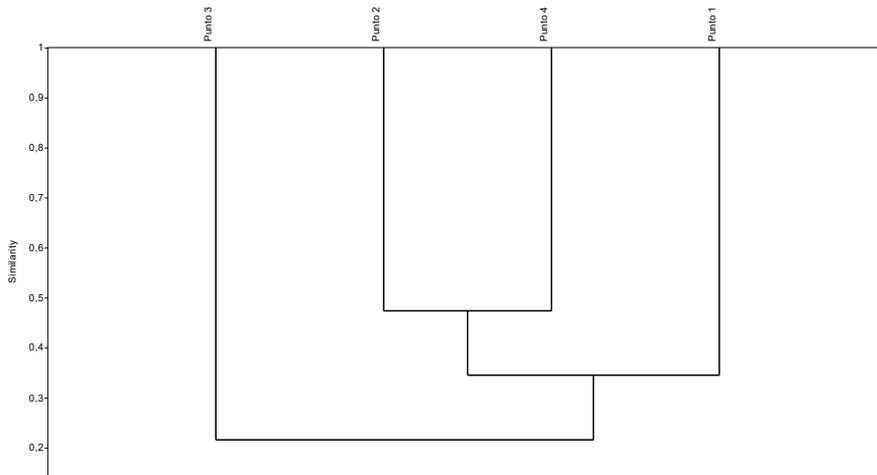
En el río Ejido se encontraron organismos indicadores de eutrofia como: *Chlamydomona*, *Oscillatoria*, *Merismopedia*, *Gomphonema* y *Tabellaria* <sup>(29,32,33)</sup>. Es de resaltar la presencia de *Anabaena*, considerada un indicador de toxicidad por metales pesados, la cual presentó mayor abundancia en el punto 2 (22.5%) y 4 (8.0%) <sup>(13,16)</sup>.

*Oedogonium* sp., *Euglenophyta*, son especies cosmopolitas en aguas dulces, poco profundas. Habitan aguas someras, los canales de drenaje agrícolas, estanques ricos en hierro <sup>(34,35)</sup>.

Sin embargo, algunos géneros como *Gyrosigma*, y *Chroococcus*, registraron valores de densidad relativa bajos, por lo tanto, a este grupo de organismos se les pueden considerar como inestables y poco frecuentes, hecho que probablemente se puede atribuir a que son muy sensibles y necesitan condiciones muy particulares para su desarrollo <sup>(34-36)</sup>.

### 3.6 Similaridad para algas

Para medir la similaridad entre los cuatro puntos de muestreo, se realizó un dendrograma, basado en el indicador de Bray-Curtis, el cual se presenta en la Figura 6.



**Figura 6.** Dendrograma de similaridad Bray – Curtis para la comunidad de Perifiton.

Los puntos 2 y 4 tienen una similaridad de 47.0%, dado a que en estos lugares de muestreo predominan algas cosmopolitas (*Trachelomonas*, *Oedogonium* sp., *Euglenophyta*); para el punto 1, la agrupación muestra una afinidad del 31.0% debido a que los géneros son estenoicos indicadores de materia orgánica (*Eunotia* y *Gomphonema*) y el sitio 3 obtuvo un valor de Bray-curtis del 13.0%, por la baja riqueza de organismos observados y porque la comunidad presente estuvo dominada por las *Trachelomonas* (48.2%)<sup>(13,14,36)</sup>.

#### 4 Conclusiones

La biota acuática evidencia que las aguas del río son contaminadas dado a la presencia de macroinvertebrados de las familias: Chironomidae, Tubificidae y Ceratopogonidae y al alto número de Coliformes fecales y totales, adicionalmente se encuentran algas como: *Anabaena*, *Chlamydomona*, *Euglenophyta*, *Oscillatoria*, *Trachelomona*, *Merismopedia* y *Tabellaria*, las cuales son géneros de medios eutróficos.

La valoración, según el índice BMWP/col, indicó que se presentan aguas fuertemente contaminadas en situación crítica, donde se estableció que la carencia de un eficiente sistema de alcantarillado y los vertimientos de la central de sacrificio son los factores más impactantes.

La variabilidad del perifiton en las diferentes estaciones de muestreo evidencia una mayor sensibilidad de este grupo funcional a los cambios en las características del agua, considerándose indicadores propios de una condición del ecosistema.

La utilización de bioindicadores es un método económico que permite evaluar de forma rápida la condición de un ecosistema, así como los posibles factores que lo están afectando.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a la Universidad del Cauca y los pobladores de las Comunas 5, 6, 7, 8 y 9, por el apoyo en el desarrollo de la presente investigación y en particular al laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación por facilitar el desarrollo de los análisis microbiológicos.

### Referencias bibliográficas

1. Roldán G, Ramírez JJ. Fundamentos de limnología Neotropical 2da Edición. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2008.
2. Armitage PD, Moss D, Wright JF, Furse T. The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running-Water. *Sites Water Res.* 1983; 17(3): 333-347.
3. Mandaville SM. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Halifax, Soil & Water Conservation Society Metro Halifax (Eds.). 2002.
4. Rosenberg DM, Resh VH. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. New York: Chapman & Hall. 1993.
5. Hynes HBN. The Ecology of Running Waters. Liverpool. England: Liverpool Univ. Press. 1970.
6. Roldán G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2003.
7. Zamora H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas.* 2007; 19: 73-81.
8. Zúñiga deCMC, Rojas dHM, Caicedo G. Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. *Revista AINSA.* 1993; 13(2): 17-28.
9. Zúñiga dCMC. Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. *Revista AINSA.* 1985; 5(1): 63-85.
10. Gutiérrez JG, Zamora-González H, Andrade SCA. Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Revista Biodiversidad Neotropical.* 2014; 4(2): 113-123.
11. Naundorf G. Documento guía de trabajo para curso de comunidades acuáticas. Popayán, Colombia: Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca. 1994.
12. Peña-Salamanca EJ, Palacios ML, Ospina-Álvarez N. Algas como indicadores de contaminación. Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle. 2005. 42pp.

13. Morales-Velasco S, Salazar SM. Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). *Revista Luna Azul*. 2012; 35(1): 10-27.
14. Morales-Velasco S, Peña E J. (Perifiton de tres lagos de la Meseta de Popayán, Colombia y su uso como indicadores de estado trófico. *Revista de Ciencias*. 2008; 12: 89-108.
15. Salazar-Sánchez M, Naundorf-Sanz G, Medina-Tombé M. Composición, dinámica y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de una laguna con aguas de origen volcánico. *Revista Luna Azul*. 2011; 33: 46-60.
16. Escobar MJ, Terneus E, Yáñez P. El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas, análisis de caso. *Qualitas*. 2013; 5(1): 17-37.
17. Tell G, Conforti V. *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina*. Berlín, Alemania: Biblioth. Phycol. 1986. 301 pp.
18. Blanco JL, Sánchez L. Contribución al estudio taxonómico de las Diatomeas del Orinoco Medio, Bajo Caroni y algunas lagunas de inundación. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. Estación Hidrobiológica de Guayana: Ciudad de Guayana-Venezuela, 80. 1993.
19. Cox EJ. Identification of freshwater diatoms from live material. University of Innsbruck, Austria: Chapman & Hall London. 1996. pp. 33-41.
20. Ling HU, Tyler PA. *Australian Freshwater Algae (exclusive of diatoms)*. Stuttgart, Alemania: Cramer. 2000.
21. Rivera P. Beiträge zur Taxonomie und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyceae) in den Küstengewässern Chiles. *Bibliotheca Phycologica*. 1981; 56(1): 222 - 249.
22. Rivera RP. Guide for references and distribution for the class Bacillariophyceae in Chile between 18°28'S and 58°S. Vaduz: J. Cramer. 1983.
23. Bray JR, Curtis JT. An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 1957; 27, 325-349.
24. Vásquez G. Evaluación de la calidad de aguas naturales, significado y alcances en las determinaciones y análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos fundamentales. Popayan, Colombia: Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación Universidad del Cauca. 2001.
25. Garzón-Zúñiga MA, Buelna G. Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2014; 30(1): 65-79.

26. Medina H, Phillips C, Ledo R. Inhibición de Crecimiento Bacteriano en Agar de 2 Cepas Bacterianas por un Producto para la Higiene Íntima Femenina de pH Ácido y otro de pH Básico Comparados con Agua Destilada. Informe Médico. 2013; 15(2): 67-73.
27. Villamil M, Rincón CM. Aproximación a La Caracterización Ecológica de La Quebrada Fucha en La Reserva Forestal de los Cerros Orientales en La Localidad de San Cristóbal (Bogotá, Colombia). Bio-grafía: escritos sobre la biología y su Enseñanza. 2009; 2(2): 96-113.
28. Castro M, Almada J, Ferrer J, Diaz D. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria. 2014; 10(17): 111-124.
29. Donato JC. Análisis limnológico y contracción de biocidas en peces de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta. Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana. 1987; 1(1): 29-52.
30. Ramírez M, Rincón ME. Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua. Revista Colombiana de Entomología. 2004; 30(2): 197-203.
31. Parra O, Bicudo C. Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales. Concepción, Chile: Ediciones Universidad de Concepción. 1995.
32. Ramírez JJ. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2000.
33. Pinilla GA. Ecología de Fitoplancton en un Lago amazónico de aguas claras (Lago Boa, Caquetá medio República de Colombia). Bogotá, Colombia: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. 2005.
34. Andramunio ACP. Dinámica sucesional y ecología trófica de la comunidad periférica en dos ambientes el sistema lagunar de Yahuaraca. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Colombia. 2013.
35. Ortega-Murillo MdelR, Hernández R, Vásquez O, Alvarado R, Martínez-Martínez M. La ficoflora de un lago monomítico en Michoacán, México. Cymbella, Revista de Investigación y Difusión de Algas. 2015;1(2): 26-45.
36. Oliva-Martínez MG, Godínez-Ortega JL, Zúñiga-Ramos CA. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2014; 85: 554-561.

## **Dirección de los autores**

Sandra Morales Velasco

Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad del Cauca, Popayán - Colombia

samorales@unicauca.edu.co

Margarita del Rosario Salazar Sánchez

Investigadora, Universidad del Cauca, Popayán - Colombia

mdsalazar@unicauca.edu.co

José Dulis Urrea Ledesma

Investigador, Universidad del Cauca, Popayán - Colombia

dulisurrea1@gmail.com