

**BIOINDICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CALI,  
VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA; USANDO  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

**BIOINDICATION OF WATER QUALITY IN CALI RIVER, VALLE  
DEL CAUCA, COLOMBIA; USING AQUATIC  
MACROINVERTEBRATES**

Duberly Mosquera R., Martha Lucia Palacios P. y Alejandro Soto D.

Laboratorio Integrado de Ciencias Ambientales. Grupo de Investigación en Estudios Ambientales para el Desarrollo Sostenible (GEADES).

---

**RESUMEN**

En 2007, se realizó un estudio hidrobiológico en el río Cali, Valle del Cauca, Colombia. Se ubicaron ocho estaciones, a saber: tres en la parte alta en los corregimientos de Felidia y Pichindé, dos en la parte media en el área de influencia del Jardín Botánico de Cali, en las instalaciones de la Empresa de Energía del Pacífico (EPSA) y la bocatoma del acueducto de San Antonio, y tres en la parte baja en la zona urbana del municipio de Cali. Con los macroinvertebrados colectados se calculó el índice biótico BMWP., reflejando que el estado del río en la estación mas alta no presenta indicios de contaminación (Clase I), sin embargo, la calidad del agua disminuye aguas abajo presentando una calidad crítica en las estaciones ubicadas en la zona urbana (clases IV y V). Con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se calculó el Índice de Calidad de Agua (ICA), mostrando en la parte alta aguas de buena calidad, y en las partes media y baja calidad regular.

Fecha de recepción: Abril 2 de 2008

Fecha de aceptación: agosto 20 de 2008

Correspondencia: E-mail: [duberly.mosquera@gmail.com](mailto:duberly.mosquera@gmail.com),  
[mlpalacios@uao.edu.co](mailto:mlpalacios@uao.edu.co) [asoto@uao.edu.co](mailto:asoto@uao.edu.co).

Universidad Autónoma de Occidente.. Cll 25 # 115 - 85 Km. 2 Vía Cali - Jamundí. Cali–  
Valle - Colombia.

La comunidad de macroinvertebrados estuvo conformada por cinco Phylum, siete clases, 16 órdenes, 38 familias, 47 géneros y 2438 individuos. El orden dominante fue Diptera (61.4 %), seguido por Ephemeroptera (26.9 %). Acari, Gordioidea, Mesogastropoda, Tricladida y Decapada fueron los menos representativos con 0.04 % cada uno.

El río presenta condiciones ambientales aceptables y oferta bienes y servicios importantes a la sociedad; sin embargo, se encuentra bajo tensión, especialmente las partes media y baja por vertimientos urbanos y el deterioro de la cobertura vegetal de la cuenca.

**Palabras Clave:** Bioindicación, Macroinvertebrados, Río Cali, BMWP, ICA, Valle del Cauca - Colombia

---

## ABSTRACT

In 2007, a hydrobiology study was conducted in the Cali River, Valle del Cauca, Colombia. Eight study sites were selected. Three in the upper part of the river, Felidia and Pichinde sub basins, two in the middle of the catchment area, close to the Botanical Garden, the Pacific Energy Company (EPSA), and the intake of the aqueduct at San Antonio; and three in the bottom part of the river, on the urban area of the municipality of Santiago de Cali. Macro invertebrates were collected and the BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) was calculated; reflecting the state of the river at the upper site as Class I, no signs of contamination. However, the water quality decreased downstream presenting a critical quality at the sites located in the urban area (Class IV and V). With the physical, chemicals and microbiological parameters the WQI (Water quality index) was calculated, showing in the upper sites waters of good quality, and medium and low quality in the following sites. The macro invertebrate community was composed of five Phylums, seven classes, 16 orders, 38 families, 47 genera and 2438 organisms. The dominant order was Diptera (61.4%), followed by Ephemeroptera (26.9%). Acari, Gordioidea, Mesogastropoda, Tricladida and Decapoda were less representative with 0.04% each.

The river presents acceptable environmental conditions and supply important goods and services to society; however, is under strain, particularly the middle and lower parts by urban dumping and deterioration of cover vegetation in the basin.

**Keywords:** Bioindication, Macroinvertebrates, Cali River, BMWP, WQI

---

## Introducción

Los ríos en general deben entenderse como un medio regido por leyes ecosistémicas donde se realiza un uso efectivo de la energía radiante, se tienen previstos patrones de transferencia de energía a través de las cadenas tróficas, existen ciclos biogeoquímicos que impiden que se desperdicien los materiales esenciales para la vida. Así mismo, cada organismo posee una función específica (nicho) dentro del ecosistema acuático y existen límites de resiliencia para impedir el colapso ecológico.

Debido a que se ha dado un uso inadecuado del suelo, se han realizado actividades de deforestación intensivas y los cuerpos de agua se han usado para verter aguas residuales. Gran parte del agua del planeta se encuentra con niveles altos de contaminación por materiales orgánicos, compuestos tóxicos, sólidos en suspensión, agentes que modifican el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto y otras variables.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, se considera de vital importancia seguir aunando esfuerzos de distinta índole, en este caso académicos, con el fin de generar información que revele el estado de los recursos hidrobiológicos para guiar las acciones de conservación y preservación de los mismos. Así, la bioindicación, como herramienta guía para la toma de decisiones, posee las siguientes

ventajas: 1) Permite conocer las condiciones ambientales que han prevalecido en el río por un periodo de tiempo prolongado. 2) Se obtiene información sobre la fauna de macroinvertebrados del sector analizado. 3) Los costos de la investigación son relativamente bajos. 4) Es posible conocer que tipo de alteraciones ha sufrido el río para establecer las causas y reconocer las consecuencias sobre la biota y la población humana.

Este trabajo pretende evaluar la calidad del agua del río Cali usando macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos a partir de la valoración del índice biótico BMWP (Biomonitoring Working Party), los índices de diversidad beta y el Índice de Calidad de Agua (ICA).

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

Comprende la cuenca del río Cali, localizada al noroccidente del municipio de Santiago de Cali, naciendo en la cordillera occidental en el Parque Nacional Natural (PNN) Los Farallones de Cali y desemboca en el río Cauca. Tiene una superficie aproximada de 18.252 ha. A esta cuenca pertenecen los corregimientos de La Leonera, Felidia, Andes y Pichindé. La longitud del cauce principal es de aproximadamente 26458.5 m y sus principales tributarios son los ríos Aguacatal, Pichindé y Felidia (CVC, 2000)<sup>1</sup>.

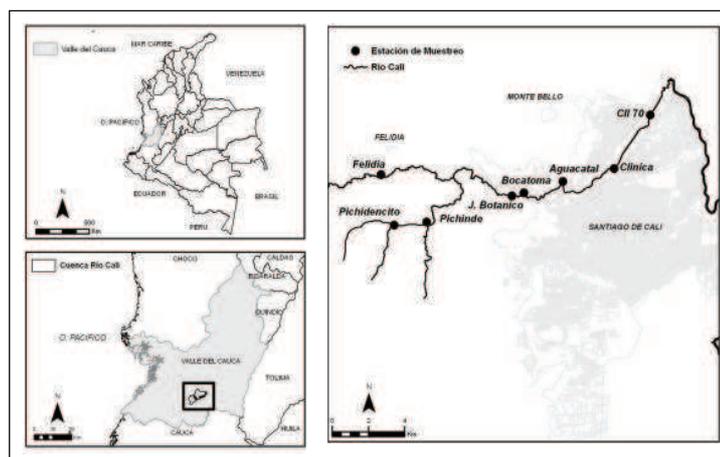
Se ubicaron ocho estaciones de

muestreo: tres en la parte alta en los ríos Felidia y Pichindé, dos en la parte media en el área de influencia del Jardín Botánico de Cali, la bocatoma del acueducto de San Antonio y la estación hidroeléctrica de la Empresa de Energía del Pacífico (EPSA) y tres en la parte baja en la zona urbana del

municipio y cerca de la desembocadura al río Cauca. Las estaciones se georeferenciaron en el gradiente altitudinal desde la mas alta a la mas baja (Tabla 1). La Figura 1 muestra la zona de estudio y la ubicación de las estaciones.

**Tabla 1.** Codificación y coordenadas de estaciones de muestreo

Estación	Nombre	Coordenadas
E1	Felidia	76° 36' 47" W 03° 26' 4,2" N
E2	Pichindecito	76° 37' 05,2" W 03° 26' 0,83" N
E3	Pichindé	76° 37' 00,7" W 03° 26' 14,9" N
E4	Jardín Botánico	76° 34' 22,5" W 03° 26' 0" N
E5	Bocatoma	76° 34' 0,2" W 03° 26' 57,5" N
E6	Aguacatal	76° 32' 50,3" W 03° 27' 17" N
E7	Clínica Remedios	76° 31' 11,2" W 03° 26' 58" N
E8	Calle 70	76° 30' 13,7" W 03° 29' 13,9" N



**Figura 1.** Área de estudio y estaciones de muestreo

## Muestreo

En cada estación se tomaron muestras de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE), seleccionando dos puntos de muestreo de acuerdo a los microhabitats fluviales dominantes (rápidos, roca, arena y fango), se realizó una descripción del sustrato y de las condiciones de calidad del mismo.

Los organismos representantes de la fauna de MAE, principalmente bentónicos, se colectaron y procesaron siguiendo las sugerencias de Roldán (2003)<sup>2</sup> y Barbour *et al* (1999)<sup>3</sup>. La colecta se realizó con redes Surber de 900 cm<sup>2</sup> con ojo de malla de 500.

Los individuos se separaron en campo con pinces y se transportaron en viales con alcohol al 95% (para contrarrestar la dilución) debidamente rotulados. El sedimento atrapado en la red también se transportó hasta el laboratorio de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Occidente, y fue lavado con un juego de tamices Endecotts de 500 µm a 2 mm.

La identificación se realizó con un estereoscopio Nikon SMZ645 dotado de una estereolupa para magnificación. Se usaron las claves taxonómicas de Roldán (1988)<sup>4</sup>, Muñoz (1996)<sup>5</sup>, Needham (1982)<sup>6</sup>, De Castellnos (1994)<sup>7</sup>, Machado (1989)<sup>8</sup> y

Chacón y Segnini (1996)<sup>9</sup>.

Finalmente los organismos fueron fijados y preservados con alcohol al 75% en viales plásticos rotulados.

Para la toma y conservación de muestras de agua, se usó la base metodológica que se recopila en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas: Standard Methods APHA-AWWA-WPCF, sección 1060 B y C (1992)<sup>10</sup>.

## Valoración de índices

Para evaluar la calidad del agua se eligió el índice biótico propuesto por Armitage *et al.* (1996)<sup>11</sup>, llamado BMWP (Biological Monitoring Working Party) y modificado por Zamora (2007)<sup>12</sup>, y el Índice Calidad del Agua (ICA) propuesto por Brown (1970). Estos índices se correlacionaron entre sí empleando el software de estadística Statgraphics versión 5.5.

Para complementar el análisis de calidad, se realizó un análisis de similitud calculando los índices de Jaccard, Sorenson Cuantitativo y Morisita con los programas informáticos Past 1.28, desarrollado por Hammer and Harper (2004)<sup>14</sup> y SIMIL, desarrollado por Pérez y Sola (1993)<sup>15</sup>.

## Resultados

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos

La comunidad de MAE (bentónicos principalmente) estuvo representada por cinco Phylum, siete clases, 16 ordenes, 38 familias, 47 géneros (algunos de estos géneros no identificados debido a la poca información existente sobre la sistemática de estos organismos) y 2.438 individuos.

El orden dominante fue Diptera (61.4

%), seguido por Ephemeroptera (26.9 %). Acari, Gordioidea, Mesogastropoda, Tricladida y Decapada fueron los menos representativos con 0.04% cada uno.

La familia Chironomidae (Diptera) solo estuvo ausente en la estación 2 y fue dominante con 1.331 individuos (54.6%).

La Tabla 2 muestra la abundancia de las familias en cada estación de muestreo.

**Tabla 2.** Abundancia de macroinvertebrados por estación de muestreo

FAMILIA	ESTACIÓN							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Planariidae	0	0	0	0	1	0	0	0
Chordodidae	0	0	0	1	0	0	0	0
Tubificidae	2	0	0	0	0	0	0	20
Physidae	0	0	0	0	3	0	1	0
Thiaridae	0	1	0	0	0	0	0	0
Bactidae	23	3	106	138	132	32	33	1
Leptohyphidae	2	0	6	4	5	0	0	4
Leptophlebiidae	26	4	86	20	24	0	0	0
Oligoneuriidae	3	5	1	0	0	0	0	0
Gomphidae	1	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	1	2	0	0	1	0	1	1
Perlidae	8	7	8	3	2	0	0	0
Corydalidae	1	0	1	0	0	0	0	0
Naucoridae	2	0	0	0	0	0	0	0
Hebridae	0	0	0	0	1	0	0	0
Veliidae	0	4	0	2	3	0	0	0
Elmidae	11	1	7	3	4	1	1	0
Ptilodactylidae	27	26	4	0	0	0	0	0
Scirtidae	0	0	1	0	0	0	0	0
Psephenidae	1	1	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	1	0
Hydropsychidae	47	21	25	0	1	0	0	0

Philopctamidae	1	0	0	0	0	0	0	0
Helycopsychidae	1	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosicae	1	1	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	5	1	1	1	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	1	0	1	0
Calamoceratidae	0	1	0	0	0	0	0	0
Pvralidae	0	0	3	0	0	0	0	0
Chironomidae	7	0	21	58	19	355	570	301
Athericidae	1	0	1	0	0	0	0	0
Simuliidae	7	2	0	24	12	0	0	0
Empididae	1	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	1	1	0	0	0	0	0	1
Blephariceridae	0	0	0	50	40	0	0	2
Psychodidae	0	0	0	10	0	5	8	2
Lymnesiidae	0	0	0	1	0	0	0	0
Pseudothelphusidae	0	1	0	0	0	0	0	0

## Evaluación de la Calidad del Agua

### Índice Biótico BMWP.

Según el BMWP, la calidad del ambiente acuático en la parte alta de la cuenca es Clase I (Muy Buena), es decir, son aguas muy limpias con características de oligotrofia. El valor BMWP más alto (148), se presentó en la Estación 1 con dominio de la familia Hydropsychidae (26 %), seguido por Ptilodactylidae (15 %), Leptophlebiidae (14 %) y Baetidae (13 %), todos organismos indicadores de aguas poco contaminadas a muy limpias por su intolerancia a los niveles bajos de oxígeno disuelto y a las altas concentraciones de nutrientes.

El buen estado de conservación de la parte alta de la cuenca se debe en gran

parte a la categoría de manejo de la zona dentro del sistema de áreas protegidas como Parque Nacional Natural.

En la parte media del río, las condiciones de calidad disminuyen a Clase II (Buena) en la Estación 4, y a Clase III (Aceptable) en la Estación 5. Esta disminución de las condiciones de calidad puede ser debido a elementos de tensión como la bocatomas, las centrales hidroeléctricas y las actividades de recreación y de explotación del suelo.

La familia Baetidae fue dominante con el 43.9 % en la Estación 4, seguido por Chironomidae y Blephariceridae con 18.5 y 15.9 % respectivamente. Blephariceridae es una familia indicadora de aguas muy limpias al requerir aguas turbulentas y con baja

conductividad eléctrica. Se hallaron adheridos a rocas grandes expuestas a altas velocidades de corriente (rápidos) donde el oxígeno disuelto es alto. Por otro lado la presencia de quironomidos en densidades significativas indica aguas mesoeutróficas, es decir, alta contaminación orgánica.

En la Estación 5 también dominó la familia Baetidae con 53 %, esta familia tolera ciertos niveles de contaminación, mientras que familias como Planariidae exigen condiciones óptimas de calidad, por lo cual su representatividad en la comunidad es poco significativa (0.4%).

De la Estación 5 a la Estación 6 (ubicada 100 m después de la desembocadura del río Aguacatal al río Cali), se observa una disminución del valor BMWP de 106 a 22, es decir de Clase II (calidad buena) a Clase V (calidad Crítica). El cambio en las condiciones de calidad del hábitat acuático y la consecuente disminución de la diversidad puede deberse a la entrada del río a la ciudad y al aporte de contaminantes provenientes del río Aguacatal. Se observa un claro dominio de la familia Chironomidae (90,3 %), siendo esta reconocida como indicadora de alta contaminación orgánica al adaptarse a medios pobres en oxígeno.

Lo anterior se puede afirmar por el

análisis de parámetros visuales de contaminación (como color, olor y turbiedad), a las actividades mineras y agropecuarias de la cuenca del río Aguacatal (CVC, 2000) <sup>1</sup> y la información proporcionada por habitantes de la comuna 1.

Si bien es cierto la presencia del género *Camelobaetidius* (Baetidae) en aguas de mala calidad podría deberse a procesos de deriva (transporte de organismos por la corriente río abajo), una abundancia del 8.1 % indica que han colonizado el río en esta zona mostrando una importante adaptabilidad al ocupar un nicho libre o al desplazar a otra especie. Lo cual confirma que este género se puede encontrar en sitios donde comienza a evidenciarse mediana contaminación.

En las Estaciones 7 y 8 la Clase de calidad mejora a IV, indicando que el río vierte sus aguas al río Cauca en condiciones regulares, es decir, con niveles significativos de contaminación pese a la ligera recuperación. El dominio de Chironomidae sigue siendo evidente en estas estaciones con más del 90 % de representatividad.

En la Estación 8, donde el valor BMWP fue ligeramente menor (bajó de 45 a 43) se aprecia la presencia de oligoquetos (posiblemente *Tubifex*) con un 6 %. Estos organismos son considerados indicadores de extrema

contaminación. En los puntos del río (microhábitats) donde se presentó mayor velocidad de la corriente (mayor oxigenación), se colectaron en

bajas densidades las familias Blephariceridae, Leptohiphidae y Baetidae (Figura 2).

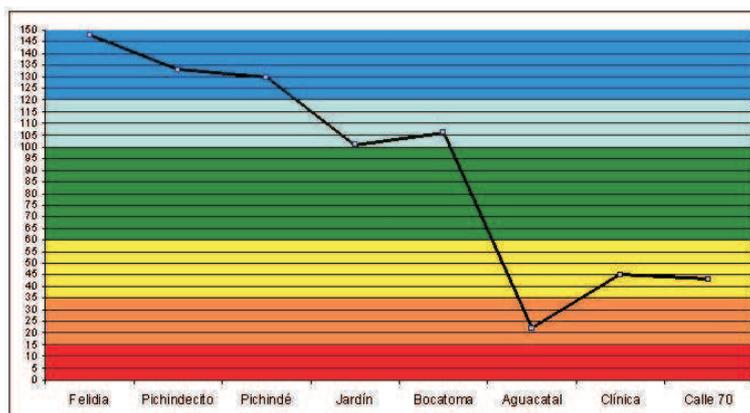


Figura 2. Tendencia del BMWP en el río Cali

### Índice de calidad del agua (ICA)

La Figura 3 muestra el comportamiento del ICA a través de las estaciones de muestreo y en las diferentes jornadas en las que se tomaron las muestras. La calidad del agua según el ICA estuvo entre Regular y Buena y las variaciones de muestreo a muestreo no fueron

significativas. Nótese que el valor más bajo del ICA se presentó en uno de los muestreos de marzo en la Estación 6 (54.7) y el valor más alto en la Estación 1 en uno de los muestreos de abril (79.8). Lo anterior da cuenta de la degradación de la calidad del agua en el gradiente altitudinal y a medida que el río se acerca a la ciudad.

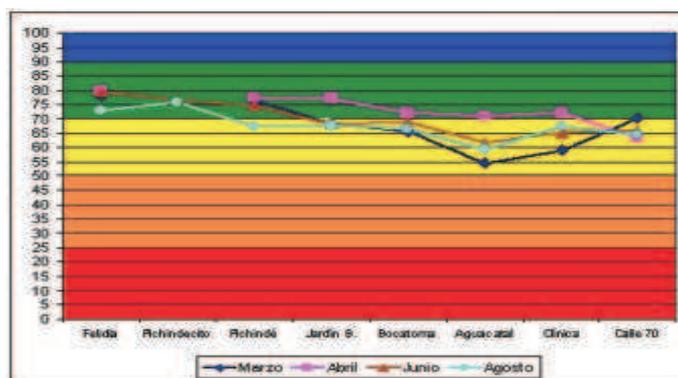


Figura 3. Comportamiento del ICA en el río Cali

Según el ICA el río en la parte media y alta permite variados usos que en la actualidad se presentan como la recreación, la captación para agua potable (con tratamiento potabilizador necesario) y la generación de energía eléctrica. El río en su parte baja no ofrece servicios a la comunidad dado su estado de deterioro, sin embargo aún se conservan ciertos atributos estéticos por la recuperación de sus riberas y el uso del río para vertimientos de origen doméstico e industrial esta disminuyendo gracias a las obras adelantadas por la administración en la cuenca.

En cuanto a la vida acuática, valores entre 40 y 70 permite el sostenimiento de especies resistentes y en valores sobre 70 la vida acuática es abundante con especies sensibles (intolerantes a la contaminación).

Los valores del ICA no fueron críticos en las estaciones de la zona urbana posiblemente debido al aumento del caudal y consecuente dilución de los contaminantes orgánicos por la temporada de lluvias.

### **Correlación entre el BMWP y el ICA**

Existe una relación positiva fuerte entre el ICA y el BMWP con un valor de correlación de 0.94, demostrando la dependencia de la comunidad de MAE a condiciones fisicoquímicas óptimas.

### **Análisis de similitud**

Este análisis muestra el grado de similitud y cambio biótico producido en los diferentes tramos del río y complementa la evaluación de la calidad del agua a partir del BMWP.

Según el índice de Sorenson Cuantitativo, las tres estaciones de la parte baja de la cuenca son muy similares, lo que indica que poseen condiciones de calidad igualmente similares. La misma situación se presenta entre las estaciones de la parte media. Sin embargo, las estaciones de la parte alta son levemente similares, posiblemente debido a la heterogeneidad de la zona montañosa lo que permite la especialización de los roles tróficos y un consecuente aumento de la diversidad.

Las estaciones 2 y 6 fueron no similares (0,0) al no tener organismos en común, esto se debe a que Chironomidae (indicador de contaminación orgánica) estuvo ausente en la Estación 2. Las estaciones 1 y 8 tuvieron esta misma categoría de similitud, sin embargo comparten cinco taxa, a saber Tubificidae, Baetidae (*Baetodes*), Libellulidae, Chironomidae y Ceratopogonidae. Este valor de similitud bajo (0,047) puede deberse al carácter cuantitativo del índice (Tabla 3).

La Figura 4 complementa el análisis de similitud con un dendograma de agrupamiento a partir del índice cuantitativo de Morisita, agrupando

las estaciones de la parte baja, 6 (Aguacatal), 7 (Clínica) y 8 (Calle 70), y las estaciones de la parte alta, 1 (Felidia) y 2 (Pichindecito).

**Tabla 3.** Valores y categorías de similitud entre las estaciones.

Estacion	Comunes	Jaccard	Sorenson	Morisita	Sorenson Cuant.	Categoría Similitud	
E1	E8	5	0,156	0,27	0,079	0,047	No Similares
E1	E7	4	0,114	0,205	0,077	0,025	No Similares
E1	E6	2	0,063	0,118	0,078	0,028	No Similares
E1	E5	11	0,314	0,487	0,416	0,331	Levemente Similares
E1	E4	10	0,294	0,455	0,401	0,267	Levemente Similares
E1	E3	16	0,516	0,681	0,625	0,461	Levemente Similares
E1	E2	15	0,455	0,625	0,757	0,55	Similares
E2	E8	3	0,125	0,222	0	0,014	No Similares
E2	E7	2	0,074	0,138	0	0,006	No Similares
E2	E6	0	0	0	0	0	No Similares
E2	E5	8	0,286	0,444	0,124	0,103	No Similares
E2	E4	7	0,259	0,412	0,113	0,081	No Similares
E2	E3	9	0,321	0,486	0,22	0,159	No Similares
E3	E8	2	0,083	0,154	0,135	0,073	No Similares
E3	E7	3	0,12	0,214	0,134	0,059	No Similares
E3	E6	2	0,095	0,174	0,135	0,075	No Similares
E3	E5	9	0,346	0,514	0,764	0,592	Levemente Similares
E3	E4	9	0,375	0,545	0,71	0,512	Levemente Similares
E4	E8	3	0,15	0,261	0,332	0,189	Similares
E4	E7	4	0,19	0,32	0,335	0,193	No Similares
E4	E6	3	0,176	0,3	0,344	0,251	Levemente Similares
E4	E5	11	0,524	0,688	0,952	0,805	Similares
E5	E8	4	0,19	0,32	0,139	0,079	Muy Similares
E5	E7	6	0,286	0,444	0,148	0,127	No Similares
E5	E6	2	0,1	0,182	0,158	0,159	No Similares
E6	E8	2	0,182	0,308	0,994	0,836	No Similares
E6	E7	5	0,5	0,667	0,999	0,779	Muy Similares
E7	E8	4	0,286	0,444	0,996	0,643	Muy Similares

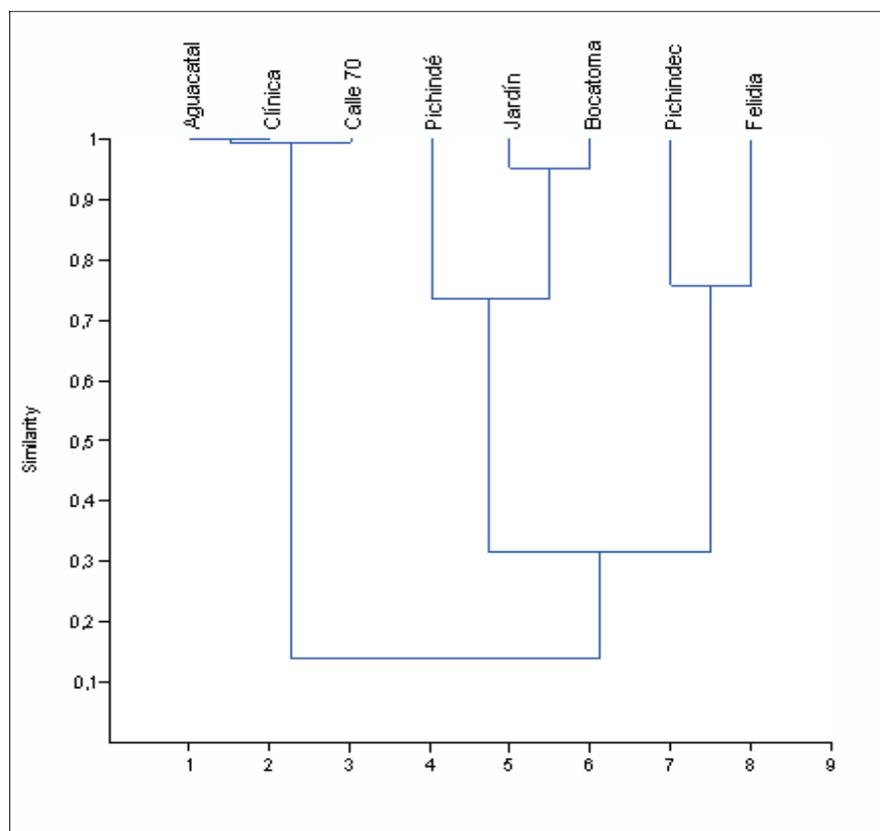


Figura 4. Dendrograma de agrupamiento para las estaciones

## Conclusiones

La comunidad de MAE en la cuenca del río Cali mostró una alta equitatividad en las estaciones de la parte alta de la cuenca y una alta dominancia en las estaciones ubicadas en la zona urbana del municipio.

El índice BMWP demostró ser un indicador fiable a la hora de hacer un juicio de la calidad del agua en el río Cali, debido a que presentó valores

correspondientes a aguas muy limpias en la parte alta de la cuenca, zona perteneciente al PNN Los farallones de Cali, lo que demuestra la utilidad de las áreas protegidas como herramienta para la conservación de los recursos acuáticos. En la parte media de la cuenca, el BMWP mostró valores correspondientes a aguas limpias y medianamente contaminadas, reflejando cierto grado de alteración de la calidad del agua y del hábitat acuático en este tramo, posiblemente

debido a transformaciones tecnológicas como la bocatoma y las dos centrales hidroeléctricas. Los valores del BMWP disminuyeron a aguas muy contaminadas en las estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca debido a los problemas asociados al proceso de urbanización.

El índice ICA muestra una tendencia similar al BMPW en el espacio, sin embargo, para reconocer, mediante un análisis multivariado, la relación entre las variables fisicoquímicas y la comunidad de MAE, se requiere un monitoreo espacio-temporal más riguroso que brinde una base más sólida a la hora de tomar decisiones acerca de la planificación de la cuenca.

Esta degradación de la calidad del agua en un gradiente altitudinal, sugiere que se formule un plan de manejo participativo de la cuenca del río Cali, teniendo en cuenta los productos y servicios que esta ofrece y las alteraciones y conflictos presentes en la parte media y baja principalmente.

### **Agradecimientos**

A los siguientes directivos y docentes de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) por el apoyo logístico y académico: Jorge Orejuela, Elizabeth Muñoz, Álvaro del Campo Parra, Daiver Cardona, Alvaro

Lozano, Gloria Jiménez, Otoniel Villegas, Alexandro Banda y Julio Cesar Montoya. Al programa de Jóvenes Investigadores de Colciencias y a la UAO por la financiación del proyecto. Por el soporte en el trabajo de campo se manifiestan agradecimientos especiales al Jardín Botánico de Cali, Gian Carlo Sánchez y Vanessa Zuñiga.

### **Bibliografía**

1. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2000). Sistema de información geográfica de la unidad de manejo de cuenca Cali – Meléndez – Pance – Aguacatal. CVC, Cali.
2. Roldán, G (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
3. Zamora, H. (2007). 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, No. 19. P.p. 73 – 81.
4. Barbour, Gerritsen, Snyder, and Stribling. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: *P e r i p h y t o n , B e n t h i c* Macroinvertebrates and Fish. Second

- Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington D.C.
5. Roldán G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquia, Colombia. Fondo FEN, Conciencias, Universidad de Antioquia, Medellín.
  6. Muñoz, F. (1996). Manual de Trichoptera neotropical, anotaciones y claves de las familias y géneros conocidos de Trichoptera para centro y sur América. Departamento de Entomología Universidad de Minnesota, Minnesota.
  7. Needham, J. y P. Needham. (1982). Guía para el Estudio de los Seres Vivos de las Aguas Dulces. Reverté, España.
  8. De Castellanos, Z. (1994). Los Ephemeroptera en Argentina. Fauna de agua dulce de la República Argentina. Programa de Fauna de Agua Dulce, La Plata.
  9. Machado, T. (1989). Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín.
  10. Chacón y Segnini. (1996). Reconocimiento taxonómico de las náyades del orden ephemeroptera en la deriva de dos ríos de alta montaña en el estado de Mérida, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. N.S. 11(2). p. 103 – 122.
  11. APHA, AWWA, WPFC. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Diaz de Santos, S.A., España.
  12. Alba, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Universidad de Granada, Granada.
  13. Brown, R. A. (1970). Water quality index - Do we dare?, citado por Leon, L. Indices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
  14. Hammer y Harper. (2004). PAST 1.28: Programa para análisis estadístico de datos biológicos y similares [programa informático en línea]. Oslo: Folk. Disponible desde Internet en: <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
  15. Perez, F. y Sola, F. (1993). SIMIL: Programa para el cálculo de los índices de similitud. [programa informático en línea]. Barcelona: Entomologia Iespana. Disponible desde Internet en: <http://entomologia.iespana.es/descargas/calculodelasmedidasdesimilitud.html>.