

Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca

Interrelationship of environmental indicators of quality in surface waters of the Valle del Cauca

María del Carmen Zúñiga de Cardoso¹
Angela Martha Rojas de Hernández¹
Clemencia Serrato Hurtado²

Resumen

En el diagnóstico de la situación actual y futuras perspectivas del control de la contaminación y la contaminación acuática, uno de los aspectos de mayor importancia para las entidades encargadas del manejo de cuencas hidrográficas es la interpretación de los datos de los análisis físico-químicos rutinarios mediante índices de calidad ambiental que incluyen no solo parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, sino también variables biológicas que suministran información para el análisis e interpretación de los diferentes factores que inciden en la calidad del agua. A partir de 1990 se recolectaron muestras de agua y fauna bentónica en diferentes estaciones de las cuencas de los ríos Cali y Meléndez, en el departamento del Valle, para evaluar la interrelación entre los índices ambientales de calidad de agua y el tipo de fauna bentónica asociada. En este trabajo se utilizó el Índice de calidad de agua propuesto por la «Fundación Sanitaria Nacional» de los Estados Unidos. Este índice permite, a través de una escala numérica, hacer comparaciones de los diferentes niveles de degradación ambiental en los cuerpos de agua. En las cuencas estudiadas se presentan variaciones entre 77,2 y 32,5 unidades, las cuales se correlacionan con grupos de insectos en estado inmaduro, con énfasis especial en los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Palabras claves: Insectos acuáticos, Calidad de agua, Limnología, Indicadores biológicos

Summary

In the diagnosis of the present situation and future perspectives for control of pollution and aquatic contamination, one of the aspects of greatest importance for entities responsible for management of hydrographic basins is the interpretation of routine physico-chemical data by means of indices of environmental quality, which include not only physical, chemical and bacteriological parameters, but also biological variables that supply information factors that affect water quality. Starting in 1990, samples of water and benthic fauna were collected in different stations in the basins of the Cali and Meléndez rivers in the department of Valle. In this work, the water quality index proposed by the National Sanitary Foundation of the United States was used. This index permits, by means of a numerical scale, comparisons of different levels of environmental degradation in bodies of water. In the basins under study, there are variations between 77.2 and 32.5 units, which are correlated with groups of insects at an immature stage, with special emphasis on the orders Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera.

Introducción

En el diagnóstico de la situación actual y la futura perspectiva del control de la contaminación y contaminación acuática, uno de los aspectos de mayor importancia para las entidades encargadas de la preservación de las cuencas hidrográficas es la interpretación de los datos de los análisis físico-químicos rutinarios mediante índices de calidad ambiental, que permitan definir tendencias bajo condiciones específicas del medio y ayuden en

la evaluación de las actividades de control que se están desarrollando.

En Colombia, los parámetros tradicionalmente utilizados en la evaluación de la calidad de agua en corrientes superficiales incluyen, de manera casi exclusiva, la información de tipo físico-químico y bacteriológico, particularmente referida al número más probable de coliformes fecales y totales.

Además de los parámetros de uso rutinario descritos, existe una serie de variables de naturaleza biológica que a pesar de no ser suficientemente conocidas, son de gran importancia por la valiosa información que suministran en el análisis e interpretación de los diferentes factores, que de alguna manera inciden sobre la calidad de los cuerpos de aguas residuales procedentes de diferentes actividades humanas.

Las nuevas variables biológicas hacen alusión a los llamados 'Indicadores Biológicos de Calidad de Agua', los cuales se hallan constituidos, de manera especial, por un grupo de pequeños invertebrados bentónicos, como insectos en estado inmaduro (Insecta), gusanos planos (Platyhelminthes), gusanos anillados (Annelida) y moluscos (Mollusca).

Una vez que los organismos han sido identificados y clasificados en su estado ecológico, es posible recopilar dicha información dentro de un parámetro, lo cual permite asignar valores a los datos acumulados a través del análisis de las comunidades y fijar criterios acerca del grado de deterioro ambiental de un cuerpo de agua.

En Colombia, el conocimiento que se tiene acerca de los estudios limnológicos es relativamente poco. La mayor parte de las investigaciones han sido realizadas en el departamento de Antioquia por Roldán et al. (1973), Roldán (1980) y Mattheías y Moreno (1983), con referencia a las comunidades de macroinvertebrados del río Medellín; Pérez y Roldán (1978) para el río Rionegro; Machado y Roldán (1981) para el río Anorí y sus principales afluentes.

Trabajos similares han sido realizados por Gaviria y Rodríguez (1982) en el río

¹ Profesoras Titulares. Facultades de Ingeniería y Ciencias. Universidad del Valle. Apartado Aéreo 25360. Cali, Colombia

² Estudiante de Biología. Departamento de Biología, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Bogotá; Zúñiga de Cardoso (1985) en el río Cali; Escobar (1989) en el río Manzanares, departamento del Magdalena; y Castillo et al. (1991) en el río Palacé, departamento del Cauca.

Los aspectos taxonómicos para los ecosistemas neotropicales también han sido poco estudiados. Escobar (1989) hace una importante revisión de algunos trabajos realizados en Colombia hasta 1985. Flint (1991) publica la taxonomía y fenología de los Trichoptera de Antioquia. En el Valle, estudios preliminares han sido llevados a cabo por Quintero y Rojas (1987) sobre Trichoptera; Suárez y Hernández (1987) en Odonata; y Nieser et al. (1992) en Naucoridae.

Respecto a estudios de calidad físico-química del agua en función de índices ambientales se destacan los trabajos realizados por Morales (1984) para el río Medellín y Rojas (1991) en el río Cauca.

El objetivo del presente trabajo es establecer las posibles correlaciones entre los índices de calidad de agua y los grupos de insectos predominantes en zonas con diferente nivel de deterioro ambiental.

Metodología

El trabajo se desarrolló en las cuencas de los ríos Cali y Meléndez, localizados en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental en el departamento del Valle, entre 3° 33' a 5° 01' de latitud norte y desde 75° 42' a 77° 33' longitud este. La cuenca del río Cali incluye las subcuencas de los ríos Felidia, Pichindé y Aguacatal y en sus recorridos atraviesan cuatro zonas de vida según el sistema Holdridge (Espinal 1968) (Fig. 1).

Las cabeceras de los ríos corresponde a la zona de bosque muy húmedo Montano bajo (bmh - MB), caracterizado por presentar un promedio anual de lluvias entre 2.000 y 4.000 mm, con rangos de temperatura entre 12 y 17°C, elevaciones entre 1.900 a 2.800 msnm y picos abruptos de difícil acceso. La influencia de los vientos húmedos del Pacífico favorece a la cuenca como productora de agua para la ciudad de Santiago de Cali.

El río Cali continúa a través de una pequeña área de bosque muy húmedo

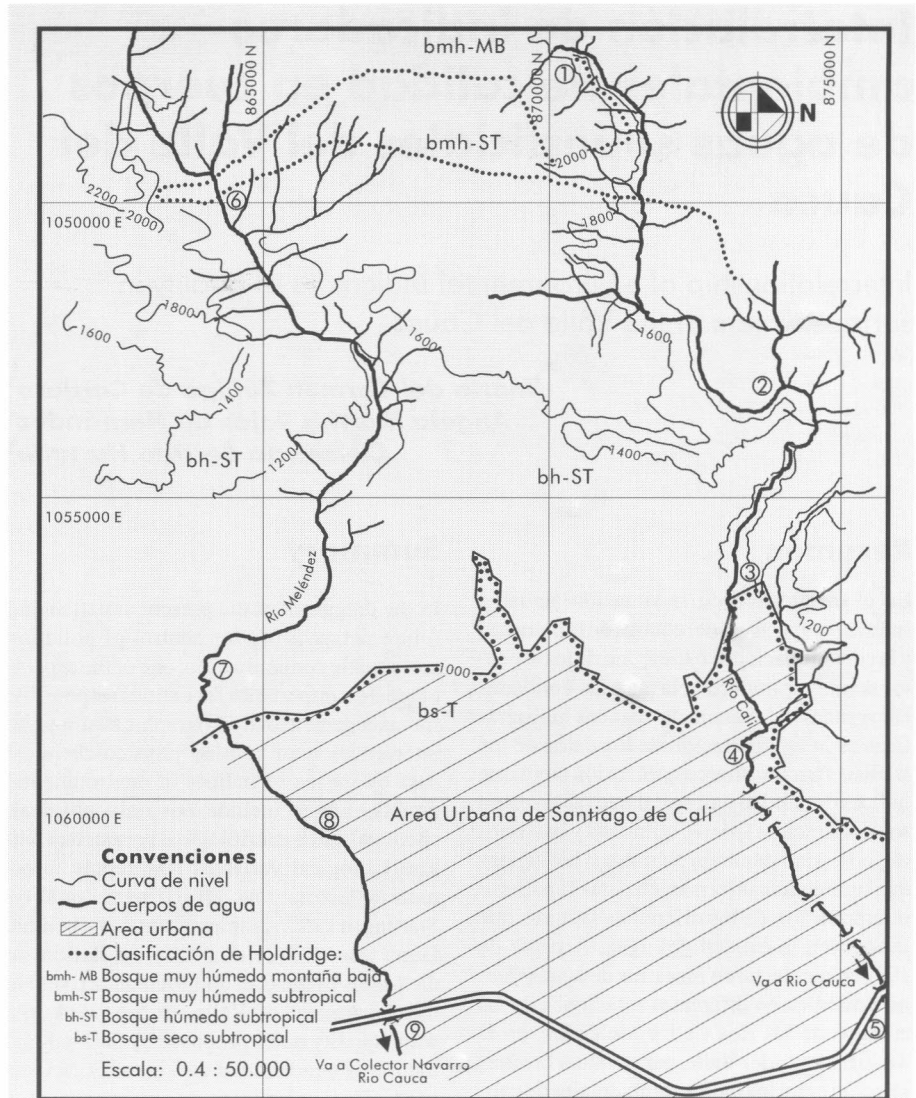


Figura 1. Área de estudio, Río Cali y Meléndez. **1.** Peñas Blancas; **2.** Pichindé; **3.** Bocatoma; **4.** Intercontinental; **5.** Calima; **6.** Villa Carmelo; **7.** Polvorines; **8.** La Playa; **9.** Puente Simón Bolívar

Subtropical (bmh - ST) entre los 1.600 y los 1.800 msnm; con una temperatura promedio anual de 20°C y un rango de precipitación entre 2.000 y 4.000 mm; la vegetación aún se conserva en estado nativo en algunas áreas, razón por la cual el nivel del agua es controlado y permanece claro a través de diferentes épocas del año.

Entre 1.100 y 1.600 msnm, con un rango de precipitación de 1.000 a 2.000 mm, el río Cali fluye por una zona de bosque húmedo subtropical (bh - ST). El bosque natural ha sido reemplazado por cultivos agrícolas, actividades pecuarias y asentamientos humanos, incrementándose la

erosión del suelo y el deterioro ambiental del río.

La parte final del río Cali se encuentra en la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali, a una altura de 950 msnm, antes de confluir en el río Cauca; además de fuente de abasto público, este río es reservorio del 22,6% de las aguas residuales que vierte la ciudad de Santiago de Cali (Zúñiga de Cardoso 1985).

La cuenca del río Meléndez ocupa una extensión de 15.000 hectáreas y tiene diferencias altitudinales entre 3.900 y 950 msnm. En su parte alta se encañona formando peñascos de difícil acceso, y es

una zona de alta condensación de humedad por las nieblas que se desarrollan, produciendo baja evapotranspiración (Espinal 1992) y una precipitación anual de 4.465 mm. En la actualidad se desarrollan proyectos hidrológicos y de abastecimiento público, importantes para la zona de ladera de la ciudad de Santiago de Cali.

La cuenca del río Meléndez en su recorrido atraviesa zonas de vida similares a las referenciadas para el río Cali; el estrato geológico está conformado por rocas cretáceas intersegmentarias, ígneas terciarias y sedimentos coluviales y aluviales recientes (CVC 1979).

La parte media y baja de la cuenca del río Meléndez está afectada por residuos derivados de la explotación minera de carbón y los vertimientos de aguas residuales del área urbana de Santiago de Cali que incrementan la contaminación de sus aguas.

Para la caracterización biológica y físico-química de las cuencas objeto de estudio, en el período comprendido entre enero de 1990 y junio de 1991, se establecieron cinco (5) estaciones de muestreo para el río Cali y cuatro (4) para el río Meléndez, distribuidas altitudinalmente entre 2.000 y 950 m y que representan diferentes zonas de vida y grados de deterioro ambiental.

Caracterización Físico-química

En la literatura se encuentran diferentes tipos de índices para determinar la calidad de agua. En este trabajo se utilizó el índice propuesto por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos de Norteamérica (Ott 1981). Este índice se basa en nueve variables de amplia utilización en evaluaciones de calidad de agua: Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (mg/l), Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO 5-20 °C (mg/l), Residuo Total (mg/l), Turbiedad (UNT), Nitratos (mg/l N-NO₃), Fosfatos (mg/l PO₄) y Coliformes fecales (NMP/100 ml). Cada una de estas variables tiene un peso relativo (w), según su importancia en relación con la calidad del agua.

El índice de calidad de agua (ICA) puede ser de tipo aditivo o multiplicativo, calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$ICA = \sum_{i=1}^n I_i \quad \text{ó} \quad \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Para determinar el subíndice (I) que corresponde a cada concentración dada, se utilizan las ecuaciones que rigen la expresión gráfica propuesta por la entidad que desarrolló el índice, lo cual se halla esquematizado en la Tabla 1.

El índice de calidad de agua establece una escala de gradación y los rangos de clasificación descritos así: 100 a 70 (Buena), 69-50 (Regular) y 49-0 (Mala).

La determinación de cada una de las variables que involucra el índice de calidad de agua (ICA) se realizó con base en las especificaciones dadas por los métodos normalizados para análisis de aguas (APHA, AWWA; WPCI 1985).

Caracterización Biológica

Los muestreos para la caracterización biológica se realizaron con una periodicidad bimensual, de enero de 1990 a junio de 1992. Para ello se establecieron estaciones a diferentes pisos altitudinales en los ríos y quebradas que forman las cuencas de los ríos Cali y Meléndez. Las larvas y ninfas se colectaron con redes bentónicas, dragas y en forma manual, por un equipo de tres personas, durante un período de 45 minutos y en un área de 2 m² en cada una de las estaciones.

Una parte del material biológico se preservó en alcohol al 70% para su identi-

cación y se encuentra depositado, como material de referencia, en el Museo de Entomología y el Laboratorio de Bioensayos de la Universidad del Valle, en Cali. El resto del material se conservó bajo condiciones simuladas de temperatura y oxigenación, con el fin de obtener adultos y complementar su identificación, para lo cual se utilizaron las claves taxonómicas de Lehmkuhl (1979), Berner y Pescador (1988), Merrit y Cummins (1984) y otros autores. Para corroborar la identificación de los especímenes se contó con la colaboración del Dr. Manuel Pescador, Universidad de la Florida (USA); Eduardo Domínguez, Universidad Tucumán (Argentina), y Claudio Froendich, Universidad de Sao Paulo (Brasil).

Los índices de calidad de agua sustentados en la metodología descrita se correlacionaron con la distribución de los estados inmaduros de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera, en función del porcentaje de organismos presentes en cada una de las estaciones seleccionadas para los ríos Cali y Meléndez.

Resultados y Discusión

Caracterización Físico-Química y Bacteriológica

Los resultados de las evaluaciones físico-químicas y bacteriológicas para las cuencas de los ríos Cali y Meléndez mostraron tres zonas bien diferenciadas en cuanto a la calidad de sus aguas (Tabla 2).

La parte alta de las cuencas en estudio, representadas en las estaciones «Peñas Blancas» y «Pichindé» para el río Cali y «Villacarmelo» para el río Meléndez

Tabla 1. Índice de calidad de agua

Variable	Subíndice	Peso relativo	
Temperatura (°C)	I ₁	W ₁	I ₁ W ₁ =X ₁
Oxígeno Disuelto (mg/l)	I ₂	0,10	X ₂
DBO _{5-30°C} (mg/l)	I ₃	0,17	X ₃
pH (unidades)	I ₄	0,10	X ₄
Residuo total (unidades)	I ₅	0,12	X ₅
Turbiedad (UNT)	I ₆	0,08	X ₆
Nitratos (mg/l N-NO ₃)	I ₇	0,10	X ₇
Fosfatos (mg/l PO ₄)	I ₈	0,10	X ₈
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	I ₉	0,15	X ₉
ICA x ₁ x ₂ ... x ₉			

exhiben los mejores índices de calidad, con valores de 77,2, 75,7 y 76,5 unidades, respectivamente, sustentados por niveles de oxígeno disuelto cercanos a la saturación (99,9 a 91,8 %), que corresponden a zonas de vida de bosques Montano bajo y Subtropical con poca intervención antrópica.

Las estaciones «Bocatoma» (río Cali) y «Polvorines» (río Meléndez) que representan las cuencas medias, señalaron índices de calidad regular, con valores de 57,5 y 71,0 unidades. Estas zonas, a pesar de tener niveles de saturación de oxígeno aceptables, presentan contaminación bacteriológica alta e incremento de la carga orgánica, como consecuencia de vertimientos domésticos, residuos agrícolas y mineros, que son aportados por los asentamientos humanos asociados a las cuencas.

En contraste con la situación descrita, la parte baja del río Cali, antes de confluir al río Cauca, es reservorio del 22,6% de las aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad Santiago de Cali, lo cual se refleja en el índice de calidad más bajo (32,5) y en un déficit total de oxígeno disuelto.

Igualmente, el río Meléndez, que está menos intervenido por el desarrollo urbano e industrial, exhibe un índice de calidad de 60,9 unidades que corresponde a una zona de calidad regular. Sin embargo, el volumen menor de carga orgánica aportante le permite conservar un 67,9% de saturación de oxígeno disuelto al final de su trayectoria.

Caracterización Biológica

Con base en el total de insectos colectados en las estaciones seleccionadas se encontró que las cuencas de los ríos Cali y Meléndez (Tabla 2) se caracterizan por poseer una diversidad en la fauna bentónica, con predominio de los estados inmaduros de insectos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera (26,0%), Trichoptera (30,7%), Plecoptera (14,2%) y de otros grupos (29,1%).

En la parte alta de la cuenca de los ríos, el orden Ephemeroptera representa el 75,7 y 73% respecto a su porcentaje total. Estas zonas, según Serrato et al. (1992), corresponden a aguas limpias,

claras, frías, con altos niveles de saturación de oxígeno disuelto e indicadores de calidad de agua que facilitan el crecimiento de poblaciones de los géneros *Lachlania* (Oligoneuriidae), *Euthyplocia* (Euthyplocidae), *Thraulodes* (Leptophlebiidae), *Camelobaetidium*, *Moriabaetis*, *Baetis* y *Baetodes* (Baetidae) y *Leptohyphes* (Leptohyphidae).

A medida que los ríos avanzan en su recorrido se observa que las poblaciones de Ephemeroptera disminuyen drásticamente para el río Cali a partir de las estaciones «Pichindé-Felidia» y «Bocatoma», a pesar de que los índices de los calidad de agua son buenos. Estos indicadores biológicos muestran mayor sensibilidad que el indicador físico-químico al impacto de carga orgánica, aun en niveles no muy significativos (Fig. 2). Esta tendencia se refleja también para el río Meléndez (Fig. 3).

El orden Trichoptera estuvo representado por las Familias Hydropsychidae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Leptoceridae, Helicopsychidae e Hydrobiosidae. Serrato et al. (1992) reportan porcentajes de 46,0 (río Cali) y 78,6 (río Meléndez) en la parte superior de las cuencas, valores que no se diferencian significativamente a los encontrados para la estación «Pichindé-Felidia» del río Cali (44,7%) (Fig. 2). Sin embargo, es importante resaltar que en esta zona no hay gran diversidad en los géneros de las familias predominantes (Hydropsychidae, Glossosomatidae y Leptoceridae), pero se observan poblaciones altas, particularmente entre aquellos organismos de mayor distribución y resistencia a condiciones ambientales deficitarias como el género *Leptonema* (Hydropsychidae).

El río Meléndez, en las cuencas media y baja, muestra para las poblaciones de

Tabla 2. Caracterización química y bacteriológica de las estaciones de muestreo de los ríos Cali y Meléndez.

Estación de muestreo	*	T °C	Altitud msnm	Zona de vida	% Oxígeno disuelto	Índice calidad de agua	Clasificación
Peñas Blancas	1	17	2.000	Bmh-MB	98,3	77,2	Buena
Pichindé	1	16	1.620	Bmh-ST	93,8	75,7	Buena
Bocatoma	1	20	1.110	bh-ST	91,7	57,5	Regular
Intercontinental	1	20	980	Bs-T	0,1	50,5	Regular
Calima	1	23	940	Bs-T	0,0	32,5	Mala
Villacarmelo	2	19	2.800	bh-ST	99,9	76,5	Buena
Polvorines	2	23	1.100	Bs-T	92,2	71,0	Buena
La Playa	2	20	995	Bs-T	85,1	67,6	Regular
Puente Simón Bolívar	2	21	950	Bs-T	67,9	60,9	Regular

* (1) río Cali (2) río Meléndez

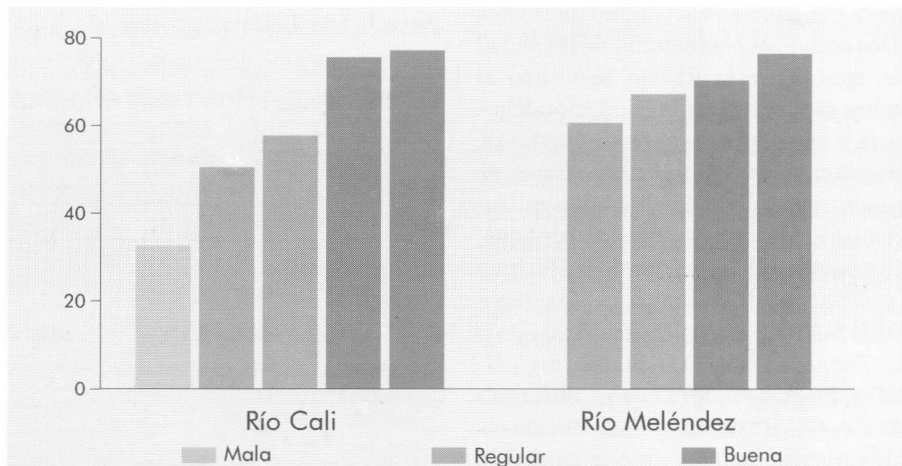


Figura 2. Interrelación de parámetros de calidad de agua. Río Cali.

Trichoptera una tendencia similar a la descrita para el río Cali. El porcentaje de organismos decrece con relación a la calidad de agua, pero la pendiente es menos marcada, ya que esta corriente recibe menos aportes de carga orgánica residual que el río Cali (Fig. 3).

El enriquecimiento de carga orgánica originado en vertimientos de aguas residuales que reciben los ríos Cali y Meléndez a lo largo de sus trayectorias, rebaja los índices de calidad del agua, lo cual causa un impacto negativo sobre *Anacronuria* (Perlidae), único género representante del orden Plecoptera, con aproximadamente 27 morfoespecies aún sin identificar (Figs. 2 y 3).

Con base en los resultados y la discusión expuesta, existe una estrecha correlación entre los índices de calidad de agua y la distribución de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera. Sin embargo, es evidente que el indicador biológico, en particular Ephemeroptera y Plecoptera, muestra mayor sensibilidad a alteraciones ambientales.

Conclusiones

- La interpretación de variables físico-químicas y bacteriológicas en función de índices de calidad de agua es una metodología que permite la evaluación integral de las cuencas hidrográficas y facilita, a través de una escala gradativa, hacer comparaciones entre zonas y cuerpos de agua con diferentes grados de deterioro ambiental.
- En las cuencas de los ríos Cali y Meléndez existe una estrecha correlación entre los índices de calidad de agua y la estructura de las comunidades bentónicas presentes.
- Las ninfas de los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera muestran gran sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales.
- El incremento de la carga orgánica residual sobre los ríos Cali y Meléndez produce mayor impacto en las poblaciones de Ephemeroptera y Plecoptera del río Cali, con valores en los índices de calidad de agua que fluctúan entre 77,2 y 32,5 unidades.

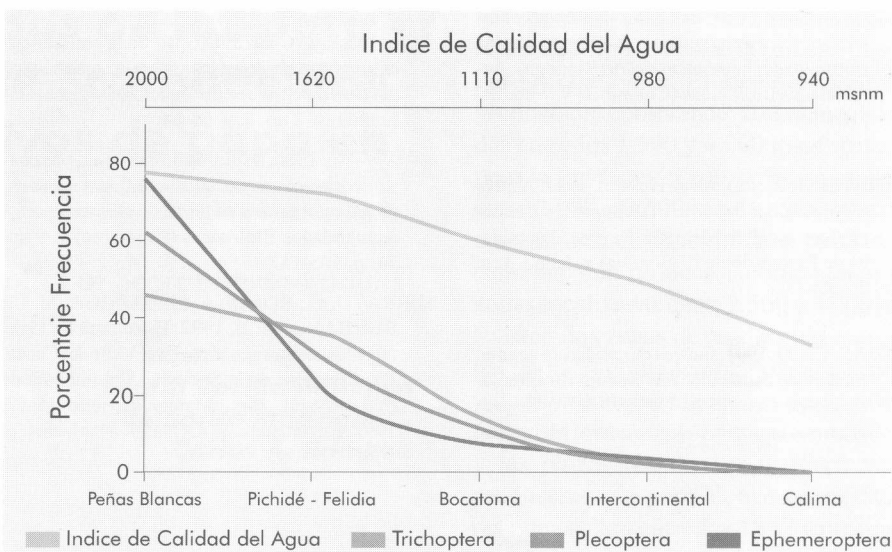


Figura 3. Interrelación de parámetros de calidad de agua. Río Meléndez.

Agradecimientos

A las entidades cofinancadoras del Proyecto, al Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales «Francisco José de Caldas», COLCIENCIAS y a la Universidad del Valle.

Bibliografía

- APHA, AWWA, WPCI. 1985. Standard methods for the examination of water and waste water. 16a. ed. Washington, D.C.
- BERNER, L.; PESCADOR, M. 1988. The mayflies of Florida. University Press of Florida, Gainesville, FLA.
- CASTILLO, J.; FIGUEROA, A.; JACOME, L.F.; NAUNDORF, G.; ZAMORA, H. 1991 Contribución al conocimiento del flujo de nutrientes y energía en un ecosistema acuático tropical. Caso río Palacé, municipio de Totoró (Cauca). *Novedades Colombianas: Nueva época* (Colombia) no. 3, p. 7 - 26.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, DIVISION RECURSOS NATURALES. CALI, COLOMBIA. 1979. Plan de ordenación y desarrollo del Proyecto Meléndez - Pance. *En: Informe CVC. CVC, Cali, Colombia*. p. 79-15.
- ESCOBAR, A. 1989. Estudio de las comunidades macrobentónicas en el río Manzanares y sus principales afluentes, y su relación con la calidad del agua. *Actualidades Biológicas* (Colombia) v. 18 no. 65, p. 45-60.
- ESPINAL, L. S. 1968. Visión ecológica del Departamento del Valle del Cauca. Imprenta Universidad del Valle, Cali.

ESPINAL, L. S. 1992. Apuntes ecológicos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

FLINT, O. 1991. Studies of Neotropical caddisflies, XLV. The Taxonomy, Phenology, and Faunistics of the Trichoptera of Antioquia, Colombia. *Smithsonian Contributions to Zoology*. No. 520.

GAVIRIA, S. M.; RODRIGUEZ, C. 1982. Estudio de la calidad del agua del río Bogotá aguas arriba del Tibitó. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Bogotá, D.E.

LEHMKUNL, D. 1979. How to know the aquatic insects. Pictured key Nature Series. W.M. C. Brown Co., Dubuque, Iowa. 140p.

MACHADO, T.; ROLDAN, G. 1981. Estudio de las características físico-químicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas* (Colombia) v. 10 no. 35, p. 3-19.

MATTHIAS, U.; MORENO, H. 1983. Estudio de algunos parámetros físico-químicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas* (Colombia) v. 12 no. 46, p. 106-117.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K.W. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publishing Co., Iowa.

MORALES, Z. G. 1984. Índices de calidad de agua y el río Medellín. *Revista AINSA* (Colombia). v. 4 no. 2, p. 9-22.

NIESER, N.; EICHELKRAUT, K.; GONZALEZ, R. 1992. Nuevas especies de Naucoridae. (En prensa).

OTT, W. 1981. Environmental Indices. Theory and Practice. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.

- PÉREZ, G.; ROLDAN, G. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del río Rionegro. *Actualidades Biológicas (Colombia)* v. 7 no. 24, p. 27-36.
- QUINTERO, A.; ROJAS de H., A.M. 1987. Aspectos biológicos del orden Trichoptera y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología (Colombia)* v. 13 no. 1, p. 26-38.
- ROJAS, CH. O. 1991. Índices de calidad de agua en fuentes de captación. *En: Seminario Internacional de Control de Calidad de Agua para consumo humano*. Cali, Colombia. Memorias. p. 22-28.
- ROLDAN, G.; BUILES, J.; TRUJILLO, C.M.; SUAREZ, A. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. *Actualidades Biológicas (Colombia)* v. 2 no. 5, p. 54-64.
- . 1980. Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. *Actualidades Biológicas (Colombia)* v. 9 no. 34, p. 103-117.
- SERRATO, C.; ROJAS, A. M.; ZUÑIGA, M. C.; BURBANO, M. E. 1992. Estructura de algunos ecosistemas acuáticos en el Valle del Cauca. *En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, 19o., Manizales, julio 15-17, 1991. Resúmenes. SOCOLEN, Manizales. p. 106.
- SUAREZ, M.; HERNANDEZ, A.M. de. 1987. Aspectos ecológicos del orden Odonata y su relación con la calidad del agua. *En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, 14o., julio 15-17, 1987. Resúmenes. SOCOLEN, Bogotá. p. 71.
- ZUÑIGA de CARDOZO, M. C. 1985. Estudio de la ecología del río Cali, con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. *Revista AINSA (Colombia)* v. 8 no. 2, p. 91-105.