

# Participação comunitária em programas de avaliação da qualidade da água

MARIA DEL CARMEN ZUÑIGA DE CARDOSO

A autora é colombiana, Bióloga, Professora Titular da Universidade del Valle, Faculdade de Engenharia.

**A** participação da comunidade (universitários, escolas, associações municipais, entidades ecológicas e público em geral) nos programas de avaliação da qualidade da água em correntes superficiais do Vale do Cauca, Colômbia, e os resultados destes.

La Universidad del Valle, a través de su Sección de Saneamiento Ambiental realiza a partir de 1980 un estudio de calidad de agua en diferentes corrientes superficiales de la cuenca superior del río Cauca, trabajo en el cual ha implementado una metodología que hace uso de indicadores biológicos e índices de diversidad basados en el análisis de la estructura y distribución de las comunidades bentónicas presentes en el cuerpo de agua, las cuales exhiben gran especificidad y estabilidad con relación a las condiciones ambientales de la corriente en estudio.

En este trabajo se han integrado en forma activa, mediante jornadas de campo bajo orientación de la Universidad del Valle, diferentes estamentos de la comunidad a través de agrupaciones universitarias, escuelas, colegios, asociaciones municipales, ecológicas y público en general.

El material biológico recolectado es clasificado preliminarmente por los participantes en el propio sitio de muestreo, para luego ser remitido al laboratorio de Bioensayos de la Universidad del Valle, quien se encarga de la identificación especializada de los organismos y la sistematización de la información, que una vez analizada es devuelta a la base de envío para conocimiento de los participantes.

Las experiencias descritas anteriormente se han realizado en los ríos Cali, Meléndez y Pance en el Municipio de Cali, Guadaluja en el Municipio de Buga, Timba en el Municipio de Jamundí, Cerrito en el Municipio de El Cerrito, Yumbo en el Municipio de Yumbo y la Quebrada Los Micos en el Municipio de La Victoria.

En las corrientes acuáticas evaluadas, se observa que las zonas de aguas frías, claras, cuyos niveles de oxígeno disuelto están cercanos a la saturación, presentan una gran diversidad biológica en cuanto a comunidades bentónicas, cuyos índices están alrededor de 3.50 unidades (Shanon-Weiner). Aquellas zonas alteradas ecológicamente, la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos tolerantes, lo cual se refleja en una pobre diversidad, siendo sus índices inferiores a la unidad.

En tal sentido, los ríos Pance y Meléndez exhiben el menor deterioro en la calidad de sus aguas. Entre las corrientes de trayectoria urbana, los ríos Cerrito, Yumbo y Cali, antes de confluír en el río Cauca, presentan situaciones críticas, ya que sus aguas son sépticas y, en algunos casos, además de polución orgánica exhiben un alto grado de contaminación tóxica.

Con base en las experiencias especificadas anteriormente, la Universidad del Valle visualiza la posibilidad de emprender la evaluación de corrientes superficiales de interés regional en diferentes zonas del país, trabajo en el cual es posible la integración y participación activa de la comunidad a través de agrupaciones de diferente tipo.

Los resultados de este estudio, permitirán a las Entidades encargadas del manejo de recursos hídricos, tener un diagnóstico de la calidad de las principales corrientes acuáticas del territorio nacional. Esta confrontación, en función de índices de calidad y sus correspondientes indicadores biológicos, permitirán establecer redes de vigilancia permanente de calidad de agua, con base en bioindicadores que puedan ser utilizados como una alternativa rápida, directa y menos costosa que aquella derivada exclusivamente de parámetros tradicionales de tipo físico-químico y bacteriológico.

## INTRODUCCIÓN

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

En nuestro medio, los parámetros tradicionalmente utilizados en la evaluación de la calidad de agua en corrientes superficiales, básicamente incluyen información de naturaleza física, química y bacteriológica. Los parámetros de mas amplia utilización en este tipo de estudios, involucran, entre otros los siguientes análisis:

Oxígeno disuelto (OD), demandas química y bioquímica de oxígeno (DQO DBO<sub>5</sub> - 20°C), carbón orgánico total (COT), residuo total, volátil, en suspensión y sedimentable, alcalinidad y pH, nitrógeno bajo su forma orgánica, amoniacal de nitratos y nitratos, fósforo, temperatura y el número más probable de coliformes totales y fecales (NMP).

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

Los nuevos parámetros 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, entre ellos, insectos inmaduros, (insecta) gusanos planos (Platelminta), anillados (Anelida) y moluscos (Molusca).

La facilidad de adaptación que presentan estos organismos a condiciones adversas del medio, su tamaño relativamente grande que hace menos difícil su identificación y enumeración, la movilidad restringida de esos organismos y sus largos ciclos de vida, en algunos casos de meses o años, son factores ecológi-

cos que permiten relacionar los macroinvertebrados con las condiciones ambientales que han prevalecido por un período largo.

Una vez que los organismos han sido identificados y clasificados en su estado ecológico, es conveniente recopilar dicha información dentro de un parámetro. Existen varios modelos matemáticos e índices que asignan valores a los datos acumulados a través del análisis de la estructura y distribución de diferentes comunidades de invertebrados bentónicos. Varios investigadores han propuesto diferentes índices biológicos que permitan fijar criterios acerca del grado de polución de un cuerpo de agua.

La base del análisis matemático está relacionado con ciertas características ecológicas de la comunidad, las cuales de una u otra forma son el reflejo de las condiciones ambientales existentes en el cuerpo de agua analizado. Algunos de los factores que suministran la información indispensable para los cálculos mencionados son: la diversidad de especies y distribución de macroinvertebrados dentro de la comunidad en estudio, la densidad de algunas poblaciones en particular, como por ejemplo, anélidos eligoquetos, así como también, la presencia o ausencia de organismos utilizados típicamente como indicadores de aguas limpias.

La utilización de los indicadores biológicos en la evaluación del grado de deterioro en la calidad del agua de una corriente superficial, es una metodología que está tomando gran auge, ya que este tipo de estudios pueden suplir las deficiencias que normalmente presentan los métodos tradicionales de análisis físico-químicos y bacteriológicos, en cuyo caso, muchas veces es necesario recurrir a nuestras compuertas que integren en forma total o parcial, las fluctuaciones provenientes de diferentes fuentes, así como también, en las corrientes receptoras de tales vertimientos.

Las determinaciones de carga orgánica y los recuentos bacteriológicos, no muestran la presencia de sustancias tóxicas, además cuando dichas pruebas son realizadas en un desecho antes de que éste sea lanzado a una corriente receptora, no permite prever los efectos que producirá en el cuerpo de agua, cuyas consecuencias inmediatas se hallan en estrecha relación, en particular, con las variaciones de tipo biológico que se operan en el cuerpo de agua receptor de tales efluentes.

Por otro lado, los análisis físicos-químicos revelan las condiciones existentes en el momento en que son hechos. De esta manera, el lanzamiento de un desecho de efecto tóxico solo podrá causar alteraciones en el cuerpo de agua después de cierto tiempo, no subsistiendo modificaciones físicas o químicas para ulteriores verificaciones.

En contraposición con lo anterior, la composición y estructura de la comunidad bentónica del ambiente sufrirá una serie de alteraciones y modificaciones que con el tiempo permanecen, permitiendo verificaciones posteriores que conlleven a evaluar las condiciones ambientales que han prevalecido por un período considerable, confrontación que facilita la recopilación de información acerca de un cuerpo de agua con un mínimo de muestreos y por consiguiente, a un menor costo, más aún si se tiene en cuenta el valor cada día creciente de los equipos e insumos necesarios para llevar a cabo análisis de tipo físico-químico.

Con base en el significado biológico de la polución, cuyas repercusiones inmediatas son asimiladas por la biota local, el análisis de la estructura y distribución de comunidades bentónicas en función de índices de diversidad e indicadores biológicos de calidad de agua, posibilita la verificación y selección de variable que puedan cuantificar en forma directa y rápida el efecto inmediato de la violación de los niveles de seguridad biológica, en cuerpos de agua intervenidos y alterados como consecuencia de la polución ejercida por acciones llevada a cabo en diferentes campos de la actividad humana.

Los macroinvertebrados bentónicos han sido utilizados como indicadores biológicos de calidad de agua como puede ob-

servarse por los trabajos y revisiones llevadas a cabo por Hynes<sup>(1)</sup>, Aston<sup>(2)</sup>, Mylinsky<sup>(3)</sup>, Hawkes<sup>(4)</sup>, y Quingley<sup>(5)</sup>, entre otros autores reportados por la bibliografía especializada en el tema.

En el área de bioindicadores de calidad ambiental, a nivel nacional existen unos pocos trabajos en donde se incorpora el aspecto biológico al estudio de la polución acuática. En este sentido, se destacan los trabajos realizados por Roldan<sup>(6)</sup> y Gaviria<sup>(7)</sup> en los ríos Medellín y Bogotá, respectivamente.

La Universidad del Valle, a través de su Sección de Saneamiento Ambiental, está trabajando con indicadores biológicos de calidad de agua a partir de 1980. Con tal fin, cuenta con un laboratorio de Bioensayos y ha desarrollado varios proyectos de investigación en el área, entre los cuales se cuentan aquellos realizados por Zuñiga de Cardozo en los ríos Cali<sup>(8)</sup>, Yumbo<sup>(9)</sup>, Meléndez<sup>(10)</sup>, Pance<sup>(11)</sup> y, en general, en aguas dulces del Valle del Cauca.

Con base en los trabajos señalados por la autora, se puede observar que existe una estrecha correlación entre las características físico-químicas de un cuerpo de agua y la fauna bentónica que sustenta aquellas zonas de aguas limpias, cuyos niveles de oxígeno disuelto son óptimos, corresponde una gran diversidad biológica en cuanto a comunidades bentónicas, con índices superiores a 3.5 unidades (Shannon Weiner), mientras que en las regiones alteradas ecológicamente, la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos tolerantes, lo cual se refleje en una pobre diversidad, siendo sus índices interiores a la unidad.

Adicionalmente, existe gran especificidad en cuanto a los grupos de organismos predominantes en cada ambiente particular del cuerpo de agua, ubicándose, por tal razón, grupos de macroinvertebrados bentónicos que de manera muy típica se pueden catalogar como indicadores ecológicos de aguas limpias o de ambientes enriquecidos con materia orgánica de desechos.

Con base en la metodología especificada anteriormente, se visualiza la posibilidad de emprender la evaluación de corrientes superficiales de interés regional en diferentes zonas del país, trabajo en el cual es posible buscar la integración y participación activa de la comunidad a través de agrupaciones como los Consejos Verdes instituidos por el Inderena, Juntas de acción comunal, escuelas y colegios, asociaciones municipales y ecológicas y, en general, cualquier tipo de organización participativa.

Esta actividad comunitaria, además de motivar a los participantes acerca del conocimiento y necesidad de preservación de nuestros recursos hídricos, como elementos fundamentales de una mejor calidad de vida, generará un conocimiento masivo de las características de cuerpos de agua de diferente naturaleza. Además de lograr la percepción directa por parte de la comunidad acerca del impacto ambiental y el deterioro ocasionado por la polución y la contaminación acuática, este tipo de integración posibilita una real participación de diferentes estamentos de la comunidad en el manejo y búsqueda de soluciones al problema de la conservación del ambiente.

En tal sentido, la Universidad del Valle realiza un estudio de calidad de agua con base en bioindicadores en diferentes corrientes superficiales pertenecientes a la cuenca superior del río Cauca, trabajo en el cual participan activamente estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria y diferentes estamentos de la comunidad, en especial de clase estudiantil a nivel escolar, agrupaciones municipales y ecológicas y público en general.

Estas experiencias se han verificado en los ríos Cali, Meléndez y Pance en el Municipio de Cali, Guadalajara en el Municipio de Buga, Cerrito en el Municipio de El Cerrito, Yumbo en el Municipio de Yumbo, Timba en el Municipio de Jamundí y la Quebrada Los Micos en el Municipio de La Victoria.

Los resultados de este estudio hidrobiológico, permitirán a las entidades encargadas del manejo de recursos hídricos, tener un diagnóstico de la calidad de corrientes acuáticas en diferen-

tes regiones del Valle del Cauca. Esta confrontación, en función de índices de calidad ambiental y sus correspondientes indicadores biológicos, darán origen a un inventario del tipo de organismos bentónicos que caracterizan cuerpos de agua de diferente naturaleza y de variado nivel de deterioro ambiental, así como también, a la identificación y selección de aquellas variables biológicas que puedan ser utilizadas en nuestro medio para la evaluación de calidad de agua como una alternativa rápida, directa y menos costosa que aquella derivada exclusivamente de parámetros de tipo físico-químicos.

Adicionalmente, con base en este tipo de confrontaciones, las entidades responsables de la preservación de cuencas hidrográficas podrán establecer redes de vigilancia permanente de calidad de agua con base en bioindicadores, para definir tendencias y facilitar evaluaciones acerca de acciones de saneamiento que se estén ejecutando. Esta labor ayudará a determinar niveles mínimos de seguridad que garanticen la sobrevivencia y protección de la biota local.

## DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO

Para la evaluación de calidad de agua en corrientes superficiales del Valle del Cauca, mediante el uso de parámetros biológicos y participación comunitaria, se utilizaron varios cuerpos de agua pertenecientes a la cuenca alta del río Cauca, cuya ubicación se halla consignada en el Gráfica n.º 1.

Estas corrientes, de acuerdo con su origen, pertenecen a las siguientes vertientes:

### *Vertiente Oriental de La Cordillera Occidental*

- Río Timba
- Río Pance
- Quebrada La Soledad
- Río Meléndez
- Río Cali
- Río Yumbo.

### *Vertiente Occidental de la Cordillera Central*

- Río Cerrito
- Río Guadalajara
- Quebrada Los Micos.

El Cuadro n.º 1 resume las principales características de las corrientes objeto de estudio y los usos del recurso.

Los ríos Meléndez, Cali, Yumbo, Cerrito y Guadalajara son corrientes urbanas que reciben aportantes significativos de aguas residuales domésticas, a su paso por los centros urbanos a los cuales se hallan asociados.

Los ríos Yumbo y Cerrito, antes de confluir en el río Cauca, presentan un alto grado de contaminación tóxica superpuesta a polución orgánica, como consecuencia de vertimientos residuales provenientes de la industria de curtiembres que tiene asiento en estas zonas.

Los ríos Timba, Pance, las Quebradas La Soledad y Los Micos, prioritariamente son corrientes rurales, ya que los asentamientos humanos con los cuales se hallan relacionados corresponden a pequeños núcleos urbanos, cuya actividad básica está centrada en zonas rurales.

La Quebrada La Soledad no recibe aportes directos de aguas residuales de origen doméstico, pero presenta contaminación tóxica derivada de los efluentes procedentes de una mina de carbón ubicada en la región.

El río Pance es utilizado por la comunidad caleña como principal centro de recreación popular y fuente potencial de abasto público para la ciudad Santiago de Cali.

## METODOLOGIA UTILIZADA

La evaluación de la calidad de agua en corrientes superficiales de interés regional en diferentes zonas del Valle del Cauca, como ya se anotó, se realizó con base en el uso de indicadores ambientales apoyados en índices de diversidad biológica e indicadores ecológicos de calidad, los cuales son confrontados con la información de tipo físico-químico disponible.

En la realización de este trabajo, se incorporó en forma activa a la comunidad, a través de agrupaciones como Universidades, Escuelas, Colegios, Asociaciones municipales y ecológicas y público en general. A continuación se hace una descripción de las actividades efectuadas con los participantes.

### *Jornadas de Campo*

Esta actividad constituye el principal mecanismo de trabajo para la integración de la comunidad al estudio. Previa a su realización, se verificó una reunión con el grupo de participantes con el fin de explicar los objetivos, alcance e importancia del trabajo y la metodología a utilizar. Adicionalmente y, en común acuerdo con la comunidad, se seleccionaron las Estaciones de muestreo en las corrientes objeto de estudio.

Mediante las jornadas de campo, la comunidad recolectó en el lecho de las corrientes los macroinvertebrados bentónicos ubicados en zonas de diferente calidad ecológica. Este material fué clasificado por la comunidad en forma preliminar, en la propia zona de muestreo, de acuerdo con las instrucciones recibidas previamente.

Una vez cumplida con esta fase, el material se remitió al laboratorio de Bioensayos ubicado en la Universidad del Valle — Sección de Saneamiento Ambiental —, el cual se encargó del análisis especializado y la sistematización de la información, la cual será devuelta a la base de envío para conocimiento de los participantes.

### *Análisis Realizados*

En las corrientes acuáticas seleccionadas para estudio, se ubicaron cuatro (4) estaciones de muestreo comprendidas entre la iniciación de su trayectoria fluvial y la confluencia en el río Cauca o en una corriente principal.

Las muestras recolectadas para las diferentes categorías de análisis fueron tomadas en forma puntual. Los análisis se verificaron de acuerdo con las recomendaciones y técnicas consignadas en los métodos normalizados para análisis de aguas y aguas de desecho <sup>(12)</sup>.

#### **Físico-químicos**

En el entorno inmediato de las estaciones de muestreo, además de la observación directa del ambiente físico, se determinó la altura sobre el nivel del mar y en las aguas de la corriente se midió la temperatura en grados centígrados (°C), pH (unidades) y oxígeno disuelto (mg/l).

La información acerca de las variables descritas se complementó con los datos de la red de vigilancia permanente, establecida por la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., en la cuenca superior del río Cauca, así como también, con aquellos existentes en el Laboratorio de Aguas de La Sección de Saneamiento Ambiental.

#### **Biológicos**

El análisis de los indicadores biológicos de la calidad del agua en las corrientes objeto de estudio se hizo sobre la base de la estructura y distribución de la fauna bentónica existente en zonas de diferente calidad ecológica, la cual comprende las siguientes actividades:

### Recolección del material bentónico

Esta recolección la hizo la comunidad a través de jornadas de campo, rastreando los organismos en las piedras del lecho del río en forma manual o, caso contrario, en el sedimento bentónico depositado en la corriente, para lo cual se dispuso de una draga Peterson.

En cada uno de los sitios de muestreo seleccionados, la búsqueda se realizó en un área mínima de 3 metros cuadrados, tanto en la margen derecha como la izquierda del lecho de la corriente y los individuos se relacionaron en cuanto a número por metro cuadrado.

En aquellos casos en que fué necesario utilizar draga, el material bentónico se lavó con agua y se tamizó a través de mallas estándar Nos. 30 y 100 de serie Americana, con el fin de separar los macroinvertebrados de interés.

### Identificación de organismos

Una vez que la comunidad separó los organismos bentónicos en su fase preliminar, éstos se guardaron inmersos en alcohol etílico del 75% con el fin de preservarlos durante largos períodos y facilitar la remisión del material al laboratorio de Bioensayos de la Universidad del Valle para la identificación especializada. Esta se avanzó hasta el nivel taxonómico de Familia, para lo cual se utilizó microscopía estereoscópica y claves taxonómicas específicas para cada grupo particular en estudio.

### Inventario de la fauna bentónica del río y selección de indicadores ecológicos de calidad del agua

Con base en los trabajos descritos en el punto anterior, se verificó un inventario de la fauna bentónica característica de las corrientes ubicadas en diferentes zonas del Valle del Cauca. El inventario incluye una descripción de los grupos taxonómicos identificados, así como también la clasificación de su estado ecológico de acuerdo con los caracteres específicos del hábitat y la calidad físico-química del ambiente en que fueron encontrados.

El inventario descrito permitirá la selección y confirmación de aquellos organismos que de manera más representativa puedan ser utilizados como indicadores ecológicos de la calidad de las aguas de cualquier corriente superficial.

### Índices de Calidad Ambiental

Los índices de calidad ambiental juegan un papel importante en la interpretación de los datos rutinarios de análisis que con el tiempo permiten definir tendencias bajo condiciones ambientales específicas, constituyéndose en una ayuda eficaz para evaluar las actividades de control que se estén desarrollando.

En este estudio, se utilizaron índices de diversidad e indicadores biológicos de calidad, cuyo sistema está sustentado en el análisis de la estructura y distribución de las comunidades bentónicas que caracterizan las diferentes zonas de una corriente.

#### Cálculo del índice biológico de diversidad

El análisis de la estructura y distribución de las comunidades bentónicas a lo largo de las diferentes corrientes, se realizó con base en el índice biológico de diversidad propuesto por Shannon Weiner<sup>(4)</sup>.

Este índice se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$IBD = - \sum_{i=1}^t \left( \frac{n_i}{N} \cdot \lg^2 \frac{n_i}{N} \right)$$

donde:

t = número de grupos taxonómicos en la muestra

n = número de individuos en cada uno de los grupos taxonómicos

N = número total de individuos en la muestra.

La aplicación de los índices biológicos de diversidad, como un nuevo parámetro biológico en la evaluación de la calidad de cuerpos de agua, está basado en la diferencia que exhiben las comunidades bentónicas, no sólo en los tipos de organismos presentes, sino también en el número de especies diferentes y, por ende, en la diversidad biológica, cuando la calidad de estos reservorios se halla perturbada por algún factor de tipo ecológico.

## DISCUSION DE RESULTADOS E INTERRELACION DE PARAMETROS

### Participación Comunitaria

El principal mecanismo de trabajo para lograr la integración de la comunidad al estudio de Calidad de agua, en diferentes corrientes de interés regional del Valle del Cauca, fueron las Jornadas de Campo.

*Rio Timba* — estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle; Estudiantes de nivel escolar pertenecientes a la Escuela "José María Córdova" en el Municipio de Jamundí; Público en general.

*Rio Pance* — Estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle.

*Quebrada la Soledad* — Estudiantes de los Planes de Estudios de Biología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle.

*Rio Meléndez* — Estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle; estudiantes de nivel escolar pertenecientes a la Escuela "Luis Eduardo Nieto Caballero" de la ciudad de Santiago de Cali; público en general.

*Rio Cali* — Estudiantes de los Planes de Estudios de Ingeniería Sanitaria, Química, Biología y Tecnología de Laboratorio Químico de la Universidad del Valle; estudiantes de los Planes de Estudios de Licenciatura en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali; público en general.

*Rio Yumbo* — Estudiantes de los Planes de Estudios de Ingeniería Sanitaria y Tecnología de Laboratorio Químico de la Universidad del Valle; estudiantes de nivel secundario pertenecientes al "Liceo Comercial" y al "Colegio Mayor" de la ciudad de Yumbo; público en general.

*Rio Cerrito* — Estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle; miembros de la Casa de la Cultura — Grupo "Universitas" de la ciudad de El Cerrito; estudiantes de nivel secundario del Colegio "Jorge Isaacs" de la ciudad de El Cerrito; público en general.

*Rio Guadalajara* — Estudiantes del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad del Valle; estudiantes de nivel secundario del Colegio "Gimnasio Central del Valle"; público en general.

*Quebrada los Micos* — Estudiantes de los Planes de Estudios de Ingeniería Sanitaria e Ingeniería Agrícola de la Universidad del Valle; estudiantes de nivel secundario de la Normal "Manuel Antonio Bonilla" de la ciudad de la Victoria; estudiantes de nivel escolar de la Escuela "Policarpa Salavarieta" del corregimiento de Holguín. Alcaldía Municipal de la Victoria.

Los diferentes grupos que participaron en las jornadas de campo realizadas a las corrientes objeto de estudio, intervinieron con una gran motivación, actitud que permitió la recolección de un gran número de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes zonas de calidad ambiental que caracterizan estos cuerpos de agua.

La actividad comunitaria especificada, además de motivar a los participantes acerca del conocimiento y necesidad de preservación de nuestros recursos hídricos, como elementos fundamentales de una mejor calidad de vida, generó un conocimiento masivo de las características de cuerpos de agua de diferente naturaleza.

Este tipo de integración, además de lograr la percepción directa por parte de la comunidad acerca del impacto ambiental y el deterioro ocasionado por la polución y la contaminación acuática, posibilita una real participación de diferentes estamentos de la comunidad en el manejo y búsqueda de soluciones al problema de la conservación del ambiente.

### **Interrelación de parámetros físico-químicos y biológicos**

Los resultados de las variables físico-químicas y biológicas que se evaluaron en cada una de las estaciones de muestreo seleccionadas en las corrientes, se hallan consignadas en los Cuadros Nos. 2 y 3.

El Índice Biológico de Diversidad, se calculó a partir de las frecuencias que exhiben los organismos bentónicos presentes en las estaciones de muestreo ubicadas en las respectivas corrientes de estudio.

La estructura y distribución de las comunidades bentónicas que tipifican las aguas limpias y las aguas poluídas en corrientes superficiales del Valle del Cauca, presentan una tendencia análoga, mostrando esta variable biológica una declinación a medida que la calidad del agua se deteriora, como consecuencia del incremento de carga orgánica generada por los vertimientos de aguas residuales que reciben las corrientes en sus trayectorias urbanas. Gráfica n.º 2.

Aquellas zonas caracterizadas por aguas claras y frías, con niveles de oxígeno disuelto cercanos a la saturación, sustentan una fauna bentónica con índices de diversidad altos, en donde generalmente no se presentan crecimientos masivos de grupos de organismos en particular, exhibiendo estos macroinvertebrados, una gran selectividad con relación al hábitat. En las corrientes evaluadas, el río Guadalajara en la estación denominada "Las piscinas", ubicada en la Vereda de su mismo nombre, presenta el máximo índice biológico de diversidad, cuyo valor es de 4.2 unidades.

Existe una íntima correlación entre aquellos ambientes de alta carga orgánica y bajo contenido de oxígeno disuelto, con bajos índices de diversidad biológica, en cuyo caso, la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos tolerantes a estas condiciones adversas. Las estaciones ubicadas en las zonas de mayor deterioro ambiental de los ríos Yumbo, Cerrito y Cali, coinciden con los mínimos valores de diversidad biológica, cuyas cifras fluctúan entre 0.0 y 0.84 unidades.

El Cuadro n.º 4 consigna un resumen de los principales grupos taxonómicos de la fauna bentónica más representativa de las zonas de diferente calidad de agua en las corrientes en estudio. Las frecuencias de los grupos predominantes en cada zona, se estimaron con base en las cifras acumuladas durante el total de muestreos realizados.

Entre los organismos recolectados en las estaciones que se caracterizan por poseer bajas cargas orgánicas de desecho y niveles de oxígeno cercanos a la saturación, predomina el grupo de Insectos inmaduros conformado por Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Coleoptera y Hemiptera. Esquemas N.ºs 1 a 7.

A medida que la calidad de agua se deteriora por el enriquecimiento de materia orgánica y como consecuencia de la drástica reducción de oxígeno disponible, el grupo de insectos descrito anteriormente desaparece del medio. En este nivel, el grupo más relevante está representado por Anélidos Oligoquetos de la Familia Tubificidae y algunos Dípteros tolerantes de la Familia Syrphidae. Esquemas N.ºs. 8 a 10.

Los anélidos Hirudíneos y, especialmente los Moluscos Physidae y los Dípteros Chironomidae, se ubican en aguas de calidad variable, pero su más alta densidad se observa en zonas de polución orgánica intermedia, en donde el déficit de oxígeno no es total.

Con base en las variables biológicas y físico-químicas consignadas en las Gráficas N.ºs. 3 a 8, se puede visualizar que entre las cinco (5) corrientes urbanas evaluadas, el río Meléndez

presenta el menor deterioro ambiental en la calidad de sus aguas. Sus índices biológicos oscilan entre 1.97 y 1.61 unidades. A pesar de que este cuerpo de agua, antes de confluir en el río Cauca a través del colector Navarro, es reservorio de vertimientos de origen doméstico, aún conserva niveles de oxígeno disuelto aceptables.

El enriquecimiento de carga orgánica de desechos en esta zona, favorece el incremento de la densidad de población bentónica representada, prioritariamente, por Dípteros de la Familia Chironomidae. Gráficas N.ºs. 4 y 6.

Las corrientes urbanas de mayor deterioro ambiental están representadas en los ríos Cerrito, Yumbo y Cali. En la parte final de su trayectoria urbana, estos cuerpos de agua exhiben índices biológicos de diversidad inferiores a la unidad.

El río Cali se constituye en uno de los colectores mediante los cuales, la ciudad Santiago de Cali vierte sus aguas residuales al río Cauca. En tal sentido, contribuye con el 22.6% de la carga orgánica total, evaluada en función de kg/día de DBO<sub>5</sub><sup>(8)</sup>. Este gran aporte de carga orgánica de desecho, genera en la parte final de su recorrido urbano, un déficit total de oxígeno disuelto, factores ambientales que propenden por un gran incremento en la densidad de la población bentónica presente, que como ya fué señalado, está muy poco diversificada, siendo sus principales representantes, Anélidos Oligoquetos de la Familia Tubificidae, cuyas frecuencias alcanzan cifras del orden del 71.1%<sup>(8)</sup>. Gráfica No.3.

Los ríos Yumbo y Cerrito, antes de confluir en el río Cauca, presentan superposición de polución orgánica y contaminación tóxica derivada de los efluentes industriales provenientes de las curtiembres que tienen asiento en la zona y que causan gran impacto en los cuerpos receptores, por el reducido caudal que presentan, particularmente en épocas de sequía.

Los desarrollos masivos de los pocos grupos tolerantes, que en el caso del río Yumbo alcanzan, en promedio, cifras máximas del orden de 33.170 individuos/m<sup>2</sup>, son reducidos drásticamente en un 85% para esta corriente y en un 100% para el caso del río Cerrito. Gráficas Nos. 7 y 8.

Las corrientes rurales en estudio, Quebrada Los Micos y el Río Pance, exhiben mejor calidad que aquellos cuerpos de agua asociadas con centros de gran desarrollo urbano o industrial. El río Pance, a lo largo de su trayectoria presenta niveles altos en cuanto a contenido de oxígeno y diversidad biológica. Carece de crecimientos masivos de población bentónica, ya que la corriente no se halla enriquecida con materia orgánica de desecho.

Después del puente de "La Vorágine", se visualiza un descenso tanto en la densidad de población como en la diversidad biológica del río, como consecuencia del aporte que recibe a través de la Quebrada "La Soledad", cuyas aguas presentan un alto contenido de metales pesados como hierro y zinc, procedentes de los drenajes ácidos de la explotación minera del carbón que tiene lugar en la zona<sup>(11)</sup>. A pesar del factor de dilución que se opera en la confluencia de las corrientes en referencia, el río Pance no logra minimizar en forma total el impacto generado por la contaminación tóxica derivada de las aguas procedentes de la Quebrada La Soledad. Sólo aguas abajo de esta zona de referencia, el cuerpo de agua recupera un buen nivel en cuanto a diversidad biológica y densidad bentónica.

En términos generales, todas las corrientes estudiadas, incluidas aquellas de trayectoria urbana, en sus cuencas altas presentan los mejores índices biológicos de calidad de agua. Estos cuerpos de agua se deterioran a medida que inician su recorrido urbano, situación que se agudiza en los casos en donde a la polución orgánica, derivada de vertimientos de origen doméstico, se superpone la contaminación tóxica generada por efluentes de tipo industrial, de los cuales son reservorio.

### **CONCLUSIONES**

1. La integración de diferentes estamentos de la comunidad en Programas de Calidad de agua, además de lograr la percep-

ción directa por parte de los participantes, acerca del impacto ambiental y el deterioro ocasionado por la polución y la contaminación acuática, motiva la comunidad acerca de la necesidad de preservación de nuestros recursos hídricos y posibilita su real participación en el manejo del problema de conservación del ambiente.

2. Existe una estrecha correlación entre las características físico-químicas de un cuerpo de agua y la fauna bentónica que sustenta. Por tal razón, el uso de parámetros biológicos de calidad, en función de índices de diversidad, indicadores ecológicos y densidad de población, constituyen valiosa herramienta, que en forma directa, rápida y con un mínimo de muestreos, permite la evaluación de calidad de agua en corrientes superficiales de diferente naturaleza.

3. En las corrientes superficiales del Valle del Cauca, a las zonas de mejor calidad de agua, corresponden, en promedio, índices biológicos de diversidad iguales o superiores a 3.5 unidades. En las regiones sépticas, la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos tolerantes, lo cual se refleja en una pobre diversidad, cuyos índices son inferiores a la unidad.

4. En general, en el Valle del Cauca, las corrientes asociadas con zonas rurales, como es el caso del río Pance, exhiben mejor calidad en sus aguas, que aquellos reservorios asociados con centros de desarrollo urbano o industrial.

5. En la cuenca superior del río Cauca, la corriente urbana de mejor calidad ambiental está constituida por el río Meléndez.

Las corrientes urbanas de mayor deterioro en cuanto a calidad de sus aguas, se hallan conformadas por los ríos Cerrito, Yumbo y Cali.

Los ríos Cerrito y Yumbo, antes de confluir en el río Cauca, presentan superposición de polución orgánica y contaminación tóxica, lo cual se refleja en las drásticas reducciones que sufre la población bentónica que caracteriza estas corrientes.

6. Con base en la participación comunitaria y el uso de indicadores biológicos de calidad de agua, la Universidad del Valle visualiza la posibilidad de emprender la evaluación de las principales corrientes de interés regional en el territorio nacional. En esta actividad se busca integrar diferentes estamentos como los Centros administrativos de servicios docentes, adscritos al Ministerio de Educación Nacional, Colegios Agrupaciones municipales, ecológicas y religiosas, Juntas de acción comunal y los Consejos Verdes instituidos por el Inderena.

7. La implementación de la metodología descrita, permitirá a las Entidades encargadas del manejo de recursos hídricos, obtener un diagnóstico de la calidad de agua de corrientes superficiales del territorio nacional, con el fin de establecer redes

permanentes de vigilancia para definir tendencias bajo condiciones específicas o facilitar evaluaciones de actividades de control que se estén ejecutando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1 — Hynes, H.B.N. "The significance of Macroinvertebrates in the study of mild River Pollution". In *Biological Problems in Water Pollution*. Robert A. Taft Sanitary Eng. Center U.S. Publ. Hlth. Serv. Cincinnati, pp 31-37. 1962.

2 — Aston, R.J. *Tubifids and Water Quality*. A review. *Environm. Pollt.* 4:35-44. 1973.

3 — Mylinsky, E., Ginsburgw, W. *Macroinvertebrates as Indicators of Pollution*. *J. Amer. Water. Wks. Assoc.* 69:538-544. 1977.

4 — Hawkes, H.A. "Invertebrates as Indicators of River Water Quality". In *Biological Indicators of Water Quality*. Eds James A. and Evison L. pg. 2-1, 2-37. John Wiley Sons Ltda. Chichester, New York. 1979.

5 — Quigley, M.A. *Freshwater Macroinvertebrates. A review*. *J. Water. Pollut. Control. Fed.* 54(6): 868-877. 1972.

6 — Roldan, G., et al. "Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna bentónica del Río Medellín". *Actualidades biológicas*. Medellín, Colombia. 2:54-60. 1973.

7 — Gaviria, S.M., Rodriguez, C. *Estudio de la calidad del agua del Río Bogotá aguas arriba de Tibitó*. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. 1982.

8 — Zuñiga de Cardoso, Maria del C. "Estudio de la Ecología del Río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad". *Revista AINSA*. Medellín, Colombia. 5(1) 63-84. 1985.

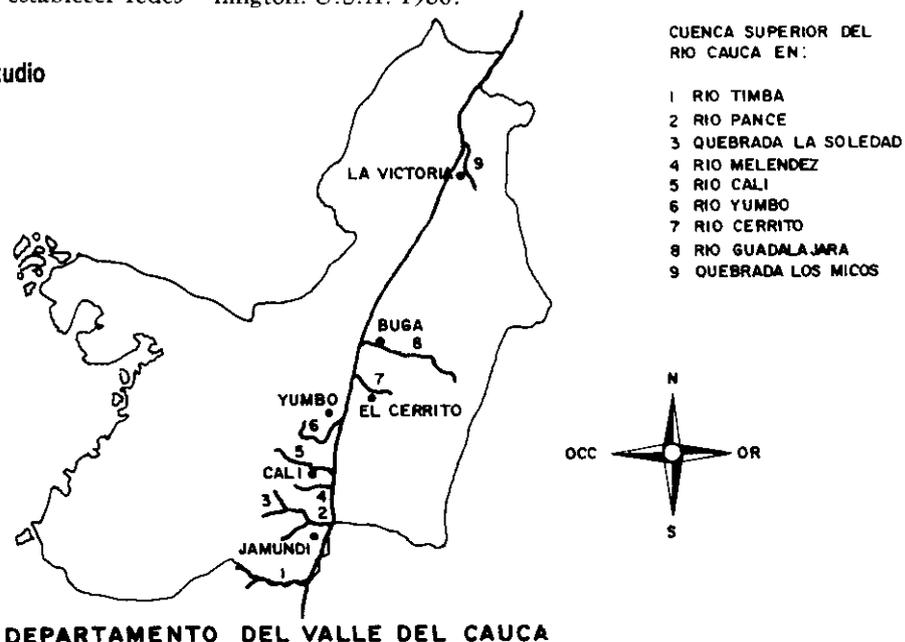
9 — Universidad del Valle. Comité de Acción Ecológica, CAE. *Plan de Reactivación Socio-económica de Yumbo (Valle)*. 1985-1986 (Area de Sanamiento Ambiental). Cali, Colombia. 1985.

10 — Zuñiga de Cardoso, Maria del C. *Macroinvertebrados indicadores de calidad en aguas dulces del Valle del Cauca*. Universidad del Valle. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Cali, Colombia (sin publicar).

11 — -----, "Efluentes de minas de carbón. Efectos sobre la fauna bentónica y la ecología de agua dulce". *Memorias XXVII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ACODAL*. Cúcuta, Colombia. 1985.

12 — Apha, Awwa, WPCI. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Fifteenth Edition. Washington. U.S.A. 1980.

GRAFICA N.º 1  
Localización del Area de Estudio



DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

DAE

VOL. 49 - N.º 157 - OUT/DEZ 89

**CUADRO N.º 1 – Información general de corrientes superficiales del Valle del Cauca**

CORRIENTE	UBICACION	CAUDAL (L/s) PROMEDIO MENSUAL HISTORICO*	PRINCIPALES USOS DEL RECURSO
Río Timba	Municipio de Jamundí	22.600	Minería, pesca, recreación, abasto público.
Río Pance	Municipio de Cali	2.780	Recreación, irrigación, abasto público.
Quebrada La Soledad	Municipio de Cali	330	Recreación, reservorio infiltraciones explotación minera de carbón.
Río Meléndez	Municipio de Cali	1.350	Abasto público, recreación, reservorio de aguas residuales domésticas.
Río Cali	Municipio de Cali	4.000	Abasto público, recreación, reservorio de aguas residuales domésticas e industriales.
Río Yumbo	Municipio de Yumbo	45 - 500 **	Abasto público, recreación, reservorio de aguas residuales domésticas e industriales.
Río Cerrito	Municipio El Cerrito	67 - 976 **	Abasto público, recreación, irrigación, reservorio de aguas residuales domésticas e industriales.
Río Guadalajara	Municipio de Buga	4.000	Abasto público, recreación, irrigación, minería, reservorio de aguas residuales domésticas.
Quebrada Los Micos	Municipio La Victoria	-	Abasto público, recreación, reservorio aguas residuales domésticas, asentamientos rurales.

\* Fuente : Sección Hidroclimatología. Corporación Autónoma Regional del Cauca, CVC.

\*\* Fuente : Sección Control de Contaminación. Corporación Autónoma Regional del Cauca. (Datos puntuales).

CUADRO N.º 2 — Parametros biológicos de calidad de agua

CORRIENTE SUPERFICIAL	ESTACION DE MUESTREO	INDICE BIOLÓGICO DE DIVERSIDAD (unidades)	DENSIDAD DE POBLACION BENTONICA (No./m <sup>2</sup> )	PERIODO DE MUESTREO
Río Tímba	La Ferreira	3.56	-	VII - 15 - 86
Río Pance	Antes de La Vorágine	3.83	156	V - 28 - 85
	Después Puente La Vorágine	3.32	75	
	Comfamiliar	3.51	105	
Quebrada La Soledad	Antes Mina La Riverita	3.4 - 4.10	149	I/84 a II/85
	Antes Desembocadura Río Pance	2.7 - 0.95	1.2	
Río Meléndez	Villa Carmelo	3.98	205	VII/85 a VII/87
	Antes Club Campestre	3.71	-	
	La Playa	3.45 - 3.58	172*	
	Después Puente Autopista Simón Bolívar	1.61 - 1.97	4585*	
Río Cali	Antes Bocatoma	3.03 - 3.95	205	XII/81 a IV/88
	Intercontinental	1.81 - 2.96	2895*	
	Clinica Los Remedios	1.65 - 2.60	3450*	
	Después de La Licorera	1.25 - 1.70	7080*	
	Después Puente Calima	1.13 - 0.84	5952*	
Río Yumbo	Santa Inés	3.1 - 3.95	718*	VIII/83 a VIII/86
	Galería	1.31 - 1.70	6292*	
	Antes Puente vía San Marcos	0.2 - 1.5	33170*	
	Antes Desemb. Río Cauca	0.6 - 0.0	512*	
Río Cerrito	El Pomo	4.08	228	IX - 24 - 86
	Bocatoma	3.00	169	
	Puente Ferrocarril	0.50	9285	
	Puente de La Cruz		0.0	
Río Guadalajara	Las Piscinas	4.20	181	VIII - 1 - 86
	Piscicultura	3.50	101	
	Puente La Merced	2.50	165	
	Antes Desembocadura Río Cauca	1.21	4977	
Quebrada Los Micos	Holguín	3.80	95	IX - 5 - 86
	San José	2.20	31	
	Antes Desembocadura Río Cauca	1.45	-	

\* Valor promedio

QUADRO N.º 3

CORRIENTE	ESTACION	PARAMETRO			
		TEMPERATURA °C	OXIGENO DISUELTO mg/L	pH unidades	DBO <sub>5</sub> 20 C mg/L
Río Timba	La Ferreira	20.0	7.0	7.0	1.5
Río Pance	Antes de La Vorágine	19	7.5	7.5	0.2
	Después Puente La Vorágine	20	7.3	7.4	0.4
	Comfamiliar	21	7.1	7.4	1.5
Quebrada La Soledad *	Antes Mina La Riverita	20.0	7.2	6.7 - 8.1	0.84
	Antes desembocadura Río Pance	20.0	5.8	4.9 - 6.8	0.51
Río Meléndez *	Villa Carmelo	18.0	7.5	7.4	0.6
	Antes Club Campestre	24.0	7.4	7.7	0.5
	La Playa	24.0	7.5	7.5	1.15
	Después Puente Autopista Simón Bolívar	24.5	7.1	7.2	3.60
Río Cali *	Antes Bocatoma	21.0	7.1	7.0 - 7.9	3.0
	Intercontinental	22.0	5.9	7.0 - 7.7	15.0
	Clinica de Los Remedios	23.0	4.0	7.1 - 7.7	40.0
	Después de la Licorera	26.0	1.1	6.0 - 6.8	117.0
	Después Puente Calima	26.0	0.2	6.1 - 6.7	172.0
Río Yumbo *	Santa Inés	23.0	7.6	8.3 - 8.7	1.6
	Galería	24.0	5.9	8.3	3.9
	Antes Puente Vía San Marcos	27.5	0.0	7.2 - 7.5	296
	Antes desembocadura Río Cauca	28.0	0.0	7.7 - 8.2	376
Río Cerrito	El Pomo	16.0	7.6	7.5	-
	Bocatoma	22.0	7.1	7.3	-
	Puente Ferrocarril	26.0	1.6	7.0	-
	Puente de La Cruz	25.0	0.0	8.0	146
Río Guadalajara	Las Piscinas	16.0	7.9	8.0	-
	Piscicultura	21.0	7.3	7.9	3.0
	Puente La Merced	21.0	7.3	7.8	-
	Antes desembocadura Río Cauca	26.0	7.1	7.9	3.6
Quebrada Los Micos	Holguín	23.0	6.4	7.2	-
	San José	25.0	4.7	7.1	-
	Antes desembocadura Río Cauca	26.0	-	7.3	-

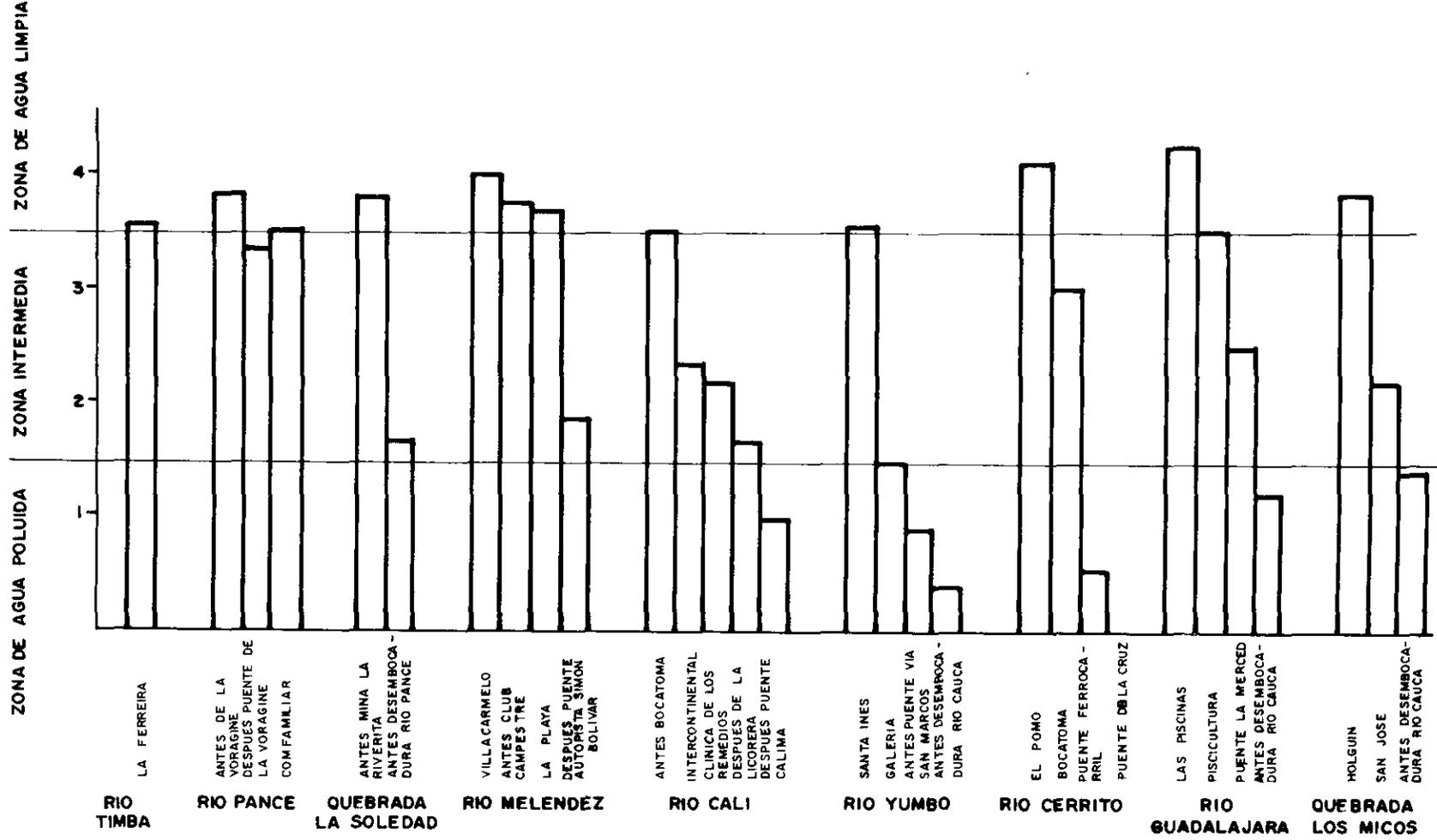
Fuente : Laboratorio de Aguas. Sección Saneamiento Ambiental. Universidad del Valle  
Laboratorio de Aguas. Sección Control Contaminación. Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C.

\* Los parámetros físico-químicos reportados corresponden a valores promedios.

Los parámetros restantes son resultados de evaluaciones puntuales.

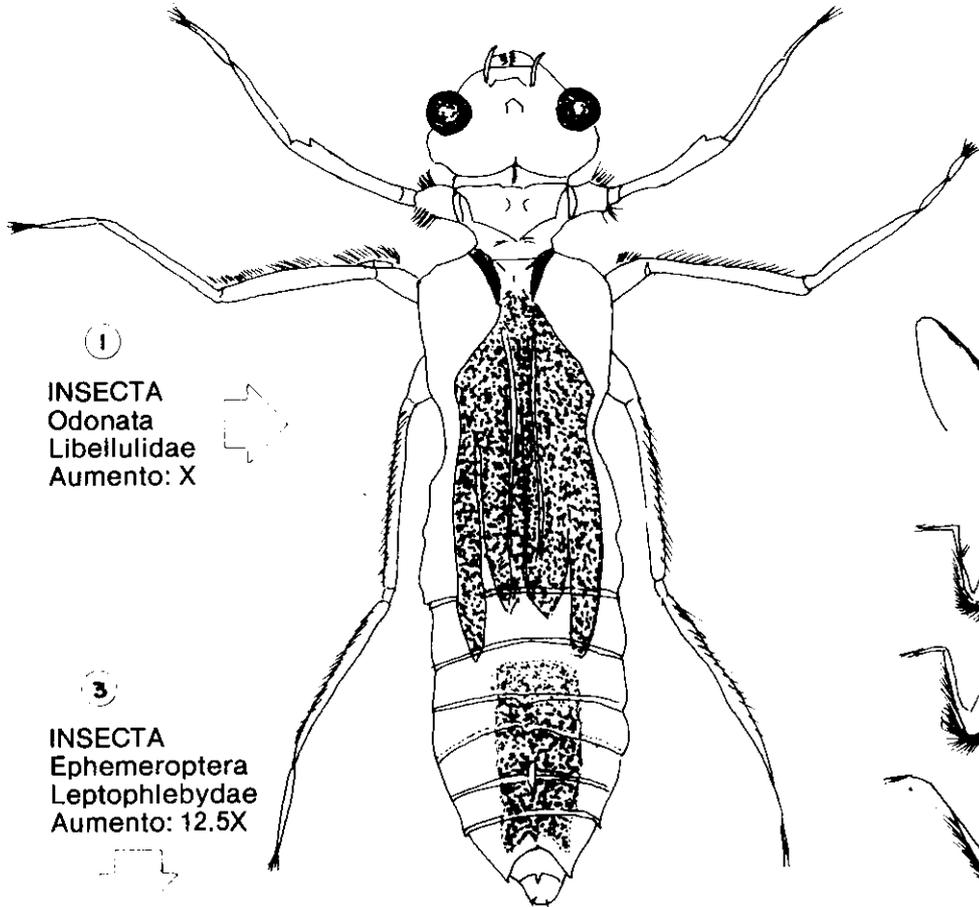
GRÁFICA N.º 2 — Índice biológico de diversidad en corrientes superficiales del Valle del Cauca

INDICE BIOLÓGICO DE DIVERSIDAD ( Unidades )



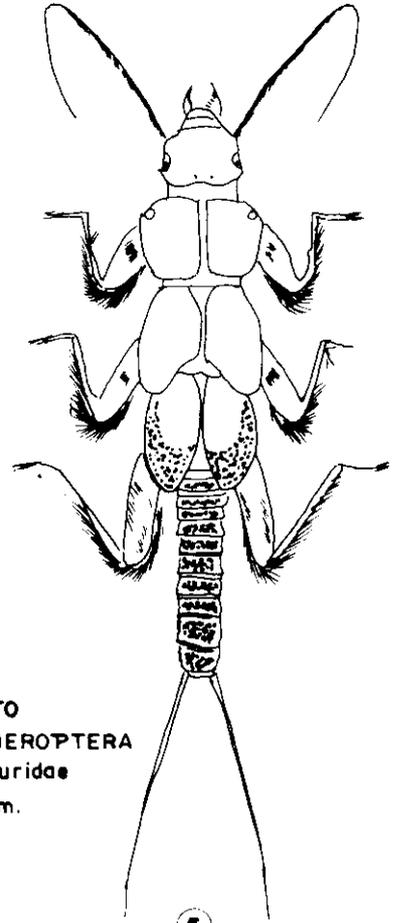


ESQUEMAS. Fauna bentónica de aguas limpias



1  
INSECTA  
Odonata  
Libellulidae  
Aumento: X

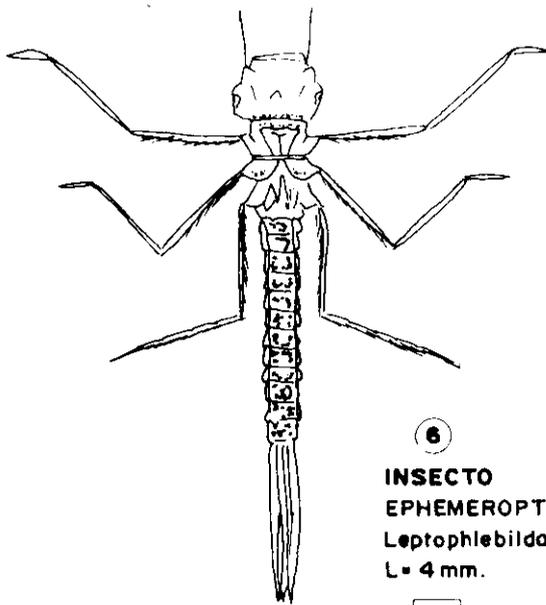
2  
INSECTA  
Plecoptera  
Perlidae  
Aumento: 2.5 X



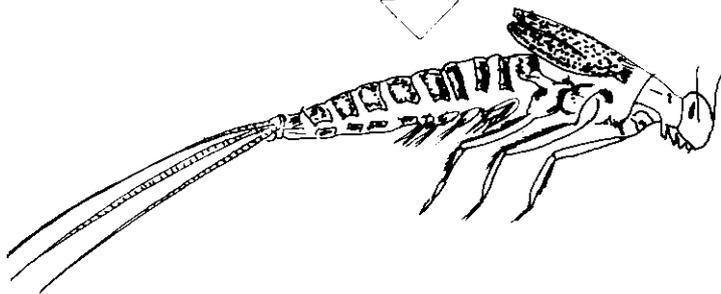
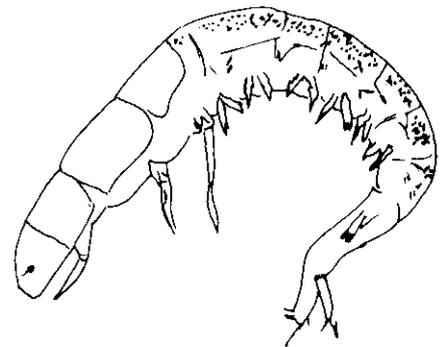
3  
INSECTA  
Ephemeroptera  
Leptophlebydae  
Aumento: 12.5X

4  
INSECTO  
EPHEMEROPTERA  
Siphonuridae  
L = 6 mm.

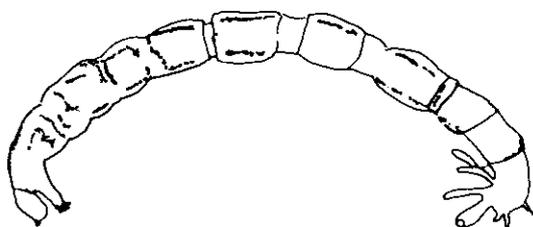
5  
INSECTO  
TRICHOPTERA  
Hydropsychidae  
L = 15 mm.



6  
INSECTO  
EPHEMEROPTERA  
Leptophlebydae  
L = 4 mm.



Esquemas, Fauna bentónica de aguas de polución intermedia



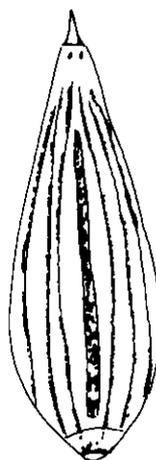
7

INSECTO  
DIPTERA  
Chironomidae  
L = 12 mm.



8

ANELIDO  
HIRUDINEA  
L = 10 mm.



9

MOLUSCO  
GASTEROPODA  
Physidae  
L = 7 mm.

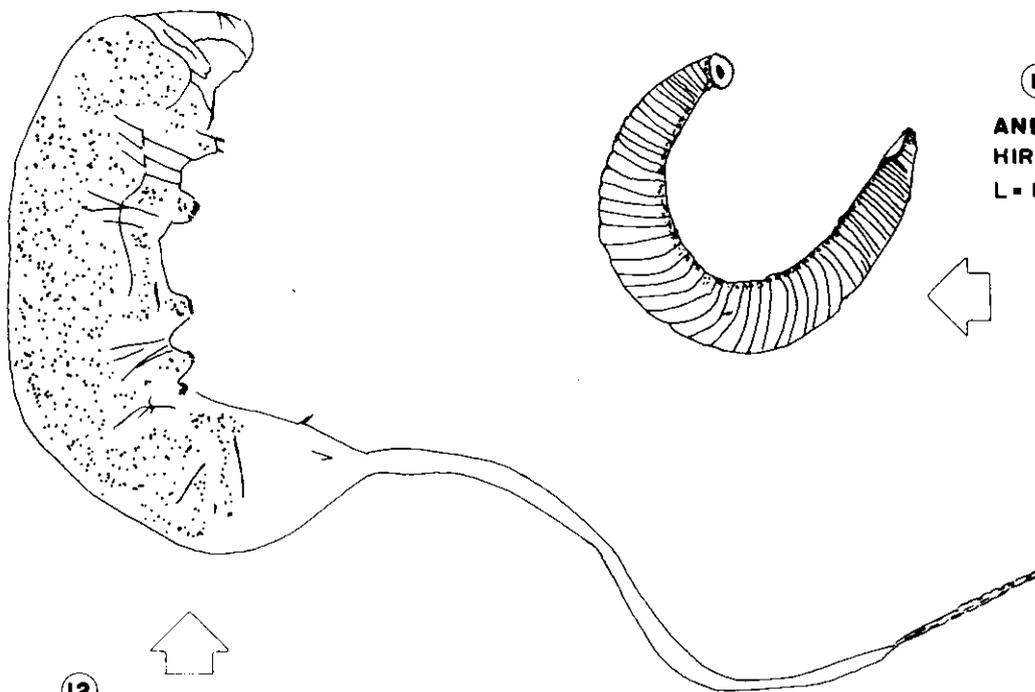


10

MOLUSCO  
GASTEROPODA  
Limneidae  
L = 8 mm.

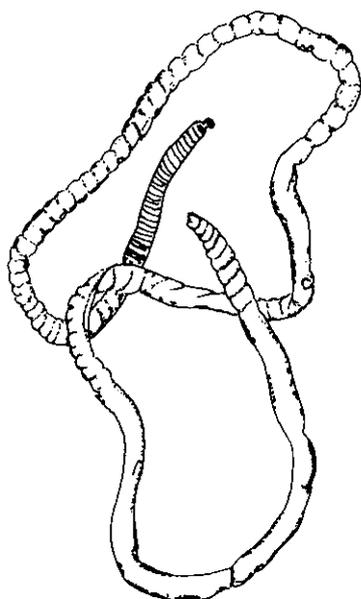


Esquemas — Fauna bentónica de aguas poluidas



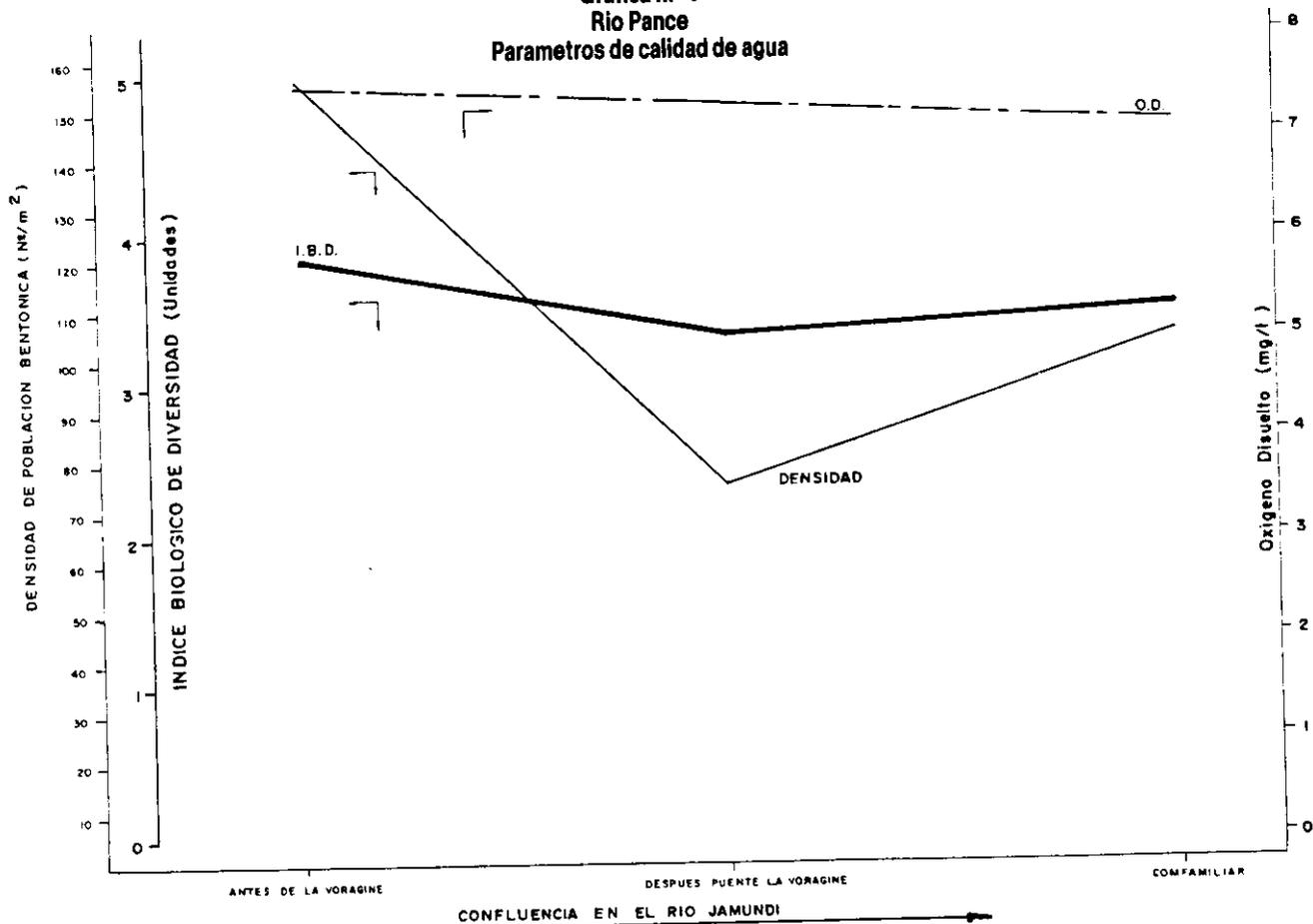
⑫  
INSECTO  
DIPTERA  
Syrphidae  
L = 12 mm.

⑪  
ANELIDO  
HIRUDINEA  
L = 11 mm.

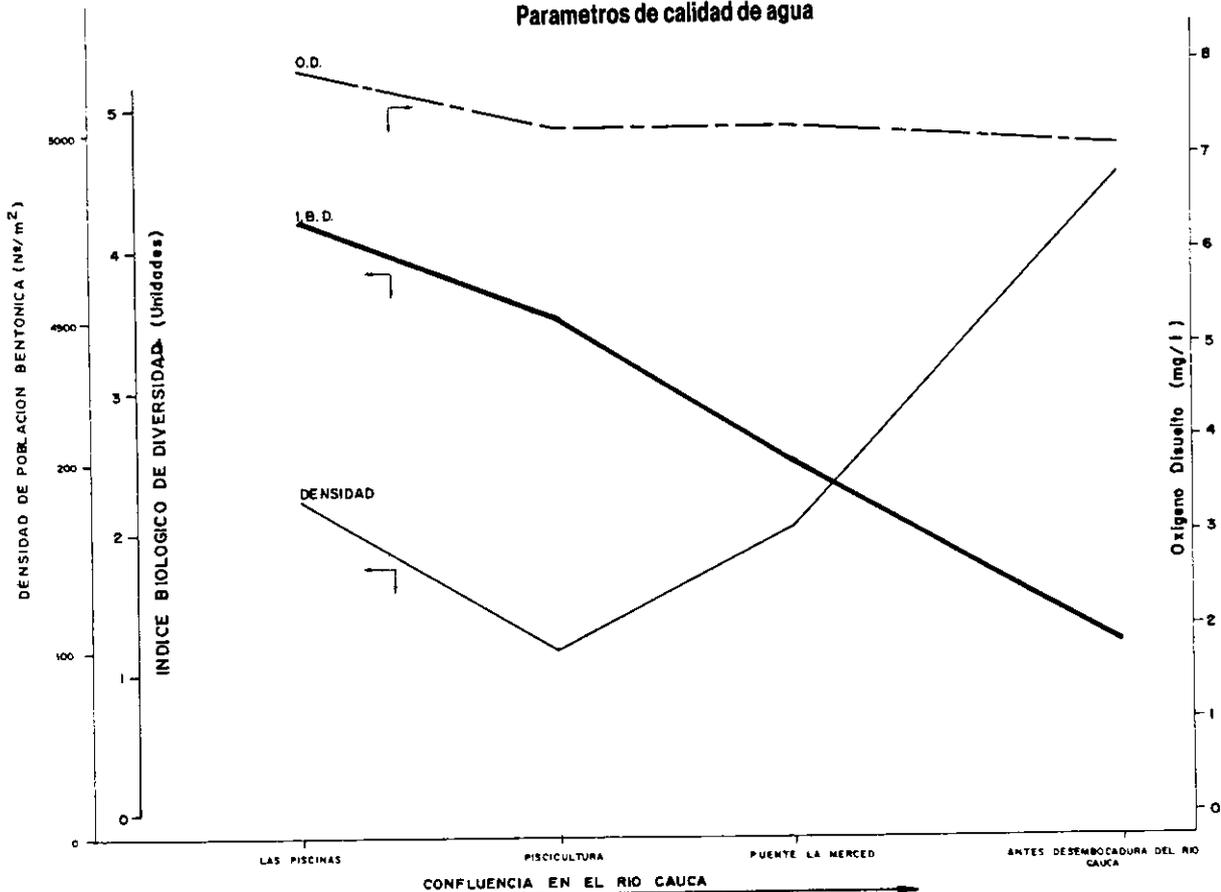


⑬  
ANELIDO  
OLIGOCHAETA  
Tubicidae  
L = 22 mm.

Gráfica n.º 5  
Río Pance  
Parametros de calidad de agua

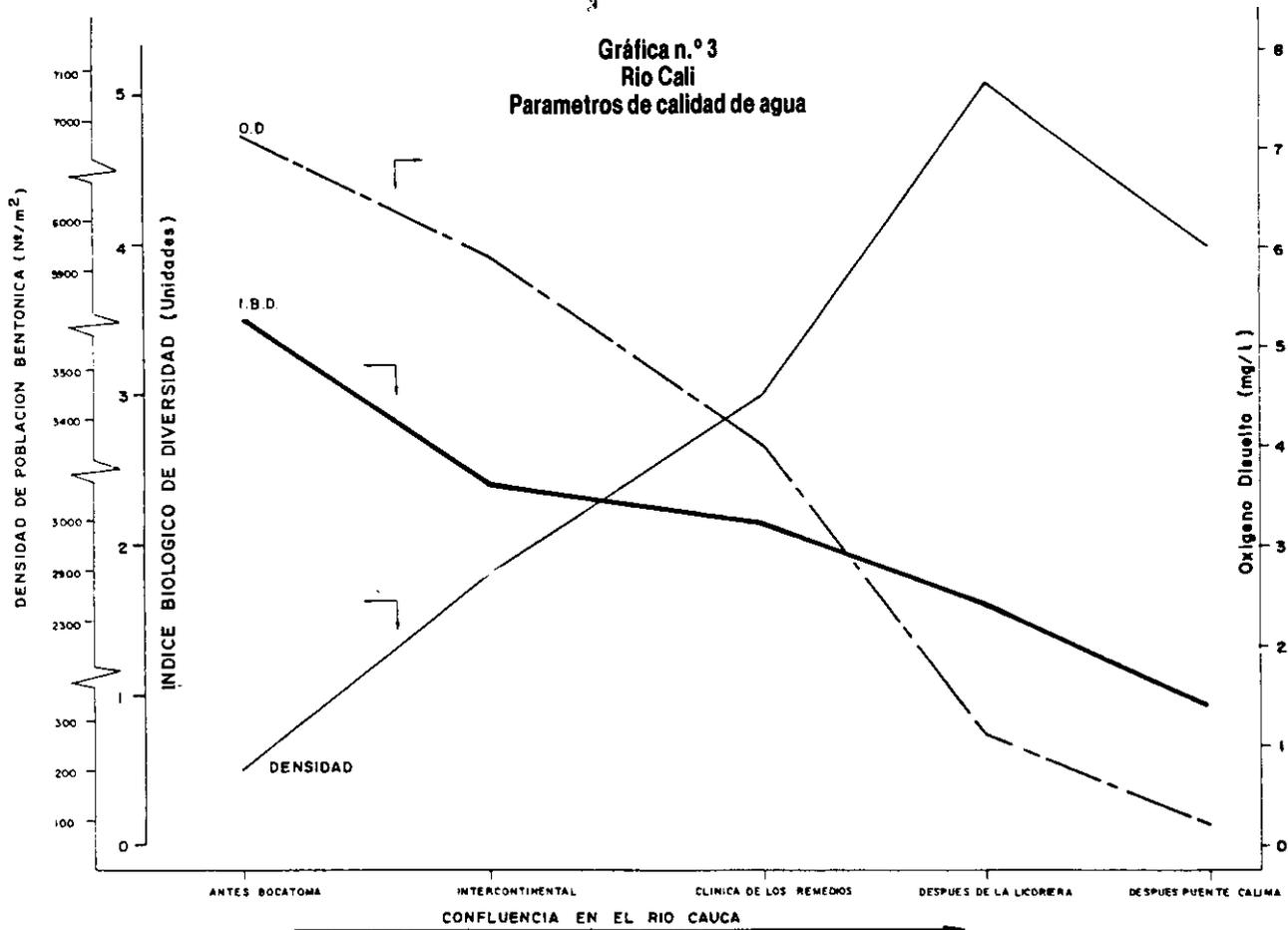


Gráfica n.º 6  
Río Guadalajara  
Parametros de calidad de agua

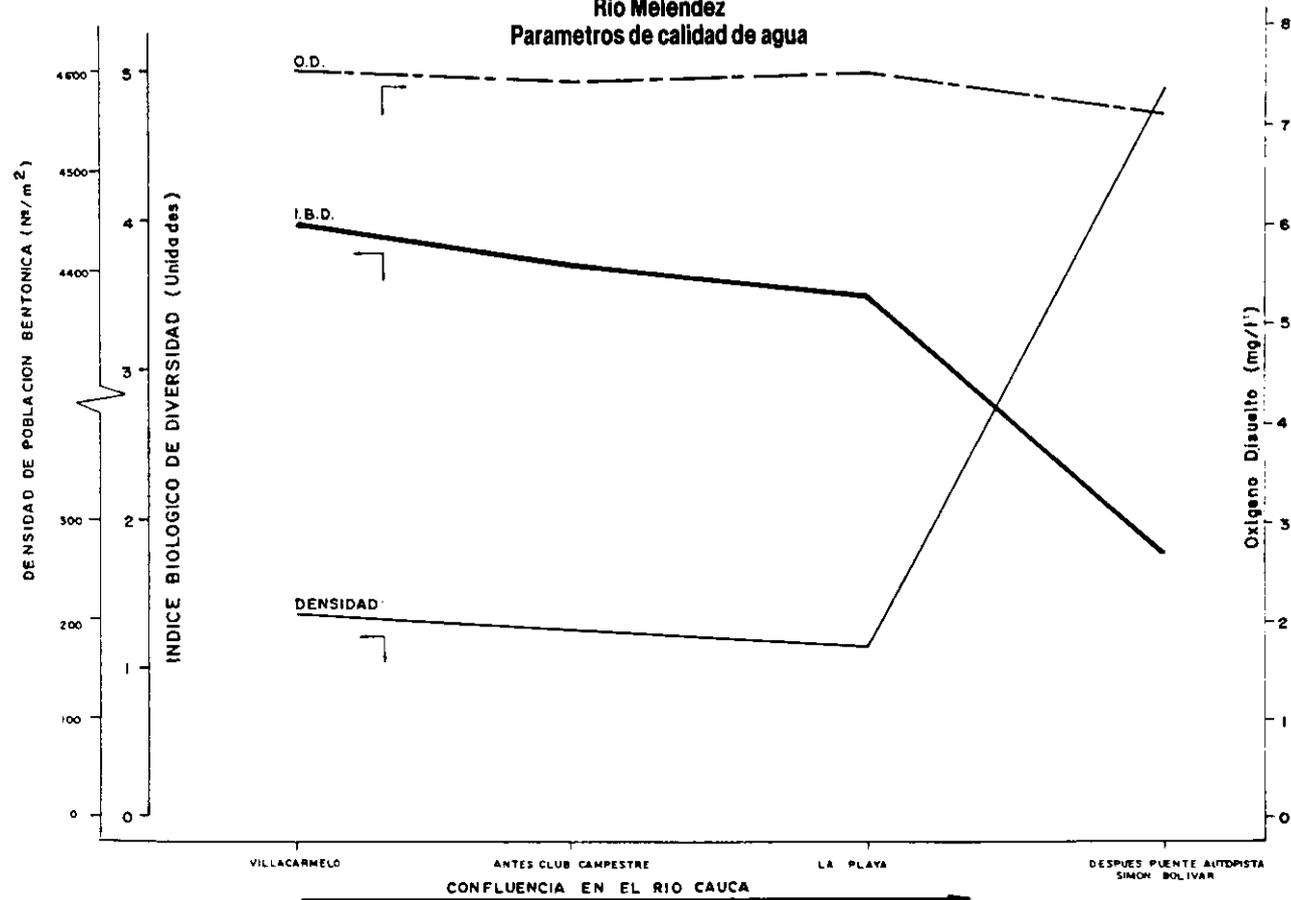


Gráfica n.º 3  
Río Cali

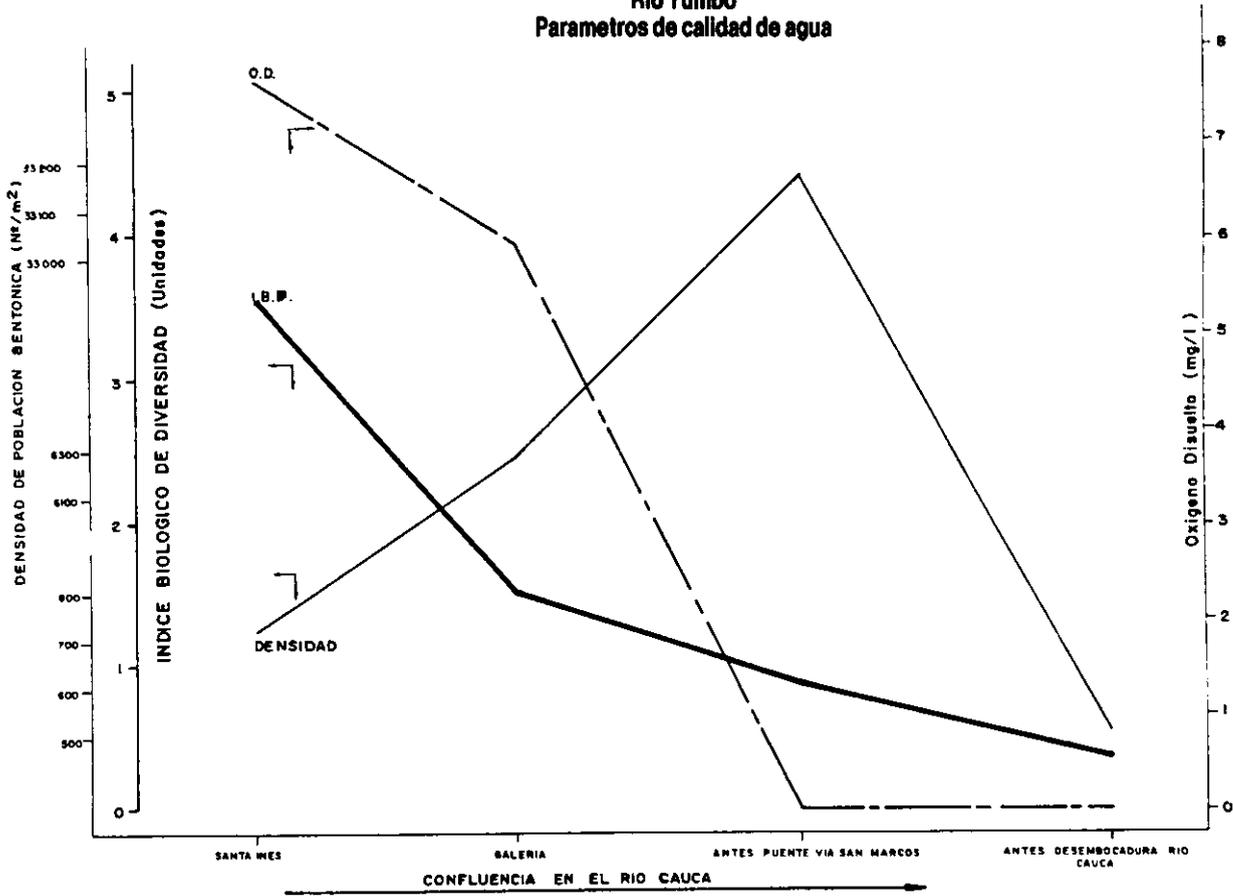
Parametros de calidad de agua



Gráfica n.º 4  
Río Melendez  
Parametros de calidad de agua



Gráfica n.º 7  
Río Yumbo  
Parametros de calidad de agua



Gráfica n.º 8  
Río Cerrito  
Parametros de calidad de agua

