

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## METODOLOGIA PARA LA FORMACION DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA AMBIENTAL UTILIZANDO INDICES FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS PARA DETERMINAR CALIDAD DE AGUA EN LA QUEBRADA MENZULI (SANTANDER, COLOMBIA)

\*Yolanda Gamarra<sup>1</sup>  
Ricardo Restrepo<sup>1</sup>

*FORMATION OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDENTS APPLYING A METHODOLOGY TO ASSESS WATER QUALITY THROUGH PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL INDEXES: CASE STUDY OF MENZULI CREEK IN SANTANDER, COLOMBIA*

*Recibido el 4 de abril de 2012; Aceptado el 31 de julio de 2013*

### Abstract

Waste water discharges water bodies produce a steady detriment of organisms. Living organisms are indicators of pollution according with its presence or absence. The purpose of this research was to find suitable bioindicators of water pollution in Menzuli Creek (Santander, Colombia), from its source to its mouth, in order to identify critical areas with the highest pollution levels. As a starting point, secondary information of previous physical and chemical sampling campaigns was collected and analyzed to establish the most relevant sampling points. Once the sampling points were selected, a biological sampling was performed in order to gather and classify species that can be used as indicators of water pollution along the whole water body selected for this study. At the same time, water samples from the same sites were analyzed for physical and chemical characterization. Based on these analyses, the macro-invertebrate species found in this creek, and comparing with related information of water quality indexes found in scientific literature, potential bioindicators were identified. The experimental methodology applied in this study also pretends to motivate the development of skills and competences in undergraduate students that will be useful for their professional growth as environmental engineers. Furthermore, the information on potential bioindicators of water pollution gathered throughout this study provides a good basis for the development of a guide of bioindicators of water quality in the metropolitan area of Bucaramanga and its surroundings.

**Keywords:** Bioindicators, quality indexes, water pollution indexes.

---

<sup>1</sup> Ingeniería Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga, Colombia

\*Autor correspondiente: Campus Universitario Km. 7 vía Piedecuesta, Santander, Colombia. Email: [yolanda.gamarra@upb.edu.co](mailto:yolanda.gamarra@upb.edu.co)

## Resumen

Los vertimientos realizados a las fuentes hídricas generan un deterioro progresivo que afecta los organismos presentes en medios acuáticos. Los seres vivos son los mejores indicadores de contaminación, y se relaciona con su presencia o ausencia. El presente trabajo realizó un análisis de bioindicación en la quebrada Menzulí (Santander, Colombia), para establecer el grado de contaminación en diferentes puntos, comprendidos entre su nacimiento y la desembocadura. Como punto de partida, se recopiló información secundaria de muestreos fisicoquímicos y biológicos de campo, realizados previamente, para determinar las zonas de monitoreo. Posteriormente, se hizo monitoreo biológico para identificar las especies encontradas a lo largo de la cuenca y establecer el estado de contaminación de la fuente hídrica. Adicionalmente, se colectaron muestras para análisis de parámetros fisicoquímicos, y se estableció el potencial bioindicador, relacionando los resultados con la información de macroinvertebrados colectados, mediante el empleo de índices de calidad reportados en la literatura. La metodología de trabajo, pretende desarrollar en los estudiantes de Ingeniería Ambiental, habilidades y competencias mediante la articulación de conocimientos aplicados. Los resultados obtenidos permiten la recopilación de información para desarrollar una guía de bioindicadores de calidad de agua en los ríos y quebradas de la zona de influencia del área metropolitana de Bucaramanga.

**Palabras Clave:** Bioindicadores, índices de calidad, índices de contaminación.

---

## Introducción

La cuenca de la Quebrada Menzulí está ubicada en los Municipios de Piedecuesta y Floridablanca, pertenece a la región Occidental del Macizo de Santander, con un área de 69 Km<sup>2</sup>. En los últimos años, el incremento de la contaminación de sus aguas se relaciona con las descargas de agua residual, tanto de industrias como de población urbana y rural aledaña. El descontrolado crecimiento demográfico, la deforestación, las prácticas agrícolas insostenibles, el desplazamiento humano, el turismo y la urbanización, están causando un fuerte daño en ésta cuenca hidrográfica. El costo de este daño, se percibe en la erosión del suelo, los deslizamientos, la disminución de la cantidad y calidad del agua, pérdida de biodiversidad y graves desequilibrios ecológicos. Es necesario su ordenación y uso adecuado. Para aportar a la solución de esta problemática, se realizó este Diagnóstico Ambiental, como primer paso en la planificación de esta importante cuenca del Área Metropolitana de Bucaramanga (Colombia).

La bioindicación es una herramienta económica y confiable para establecer la calidad de los cuerpos de agua, potencial de uso, nivel de contaminación, y puede ser utilizada de manera complementaria a la información obtenida por análisis fisicoquímicos. En Colombia se está masificando esta metodología como prioritaria para los diagnósticos de calidad de agua, y de sistemas acuáticos en general. El presente estudio, constituye un aporte para incrementar el conocimiento de la biodiversidad en Colombia, al mismo tiempo que permite adicionar una herramienta en la formación de los estudiantes de Ingeniería Ambiental y extender la aplicación de ésta metodología en los ríos y quebradas del país. La metodología pretende fomentar el trabajo interdisciplinario y desarrollar en los estudiantes de Ingeniería Ambiental, habilidades y competencias, mediante la articulación de conocimientos aplicados. Adicionalmente, incentiva

una actitud crítica en procesos de formulación, ejecución y análisis de resultados para proyectos de investigación y desarrollo, fortaleciendo aptitudes individuales y grupales, que permite integrar las ciencias básicas y aplicadas en la solución de problemas. La información obtenida constituye el punto de partida en la elaboración de una guía de macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua para la Quebrada Menzulí, aplicable a ríos y quebradas de la zona de influencia del área metropolitana de Bucaramanga. Este documento se constituye en una herramienta para procesos de evaluación y seguimiento e incluso de línea base, que pretende incrementar la información en bioindicación, para lograr muestreos de diagnóstico más efectivos, económicos y certeros.

### **Metodología**

La metodología se dividió en dos partes: la primera, de entrenamiento y capacitación en el aula, y la segunda, de técnicas de entrenamiento en campo.

#### Entrenamiento y capacitación en aula

Se desarrollaron talleres en tres áreas:

- Talleres de formación en conceptos básicos en: macroinvertebrados, utilización de claves taxonómicas, métodos de colecta, cálculo de índices de calidad de agua.
- Talleres de formación para trabajo de campo: equipo de campo, utilización, técnicas de campo, optimización de tiempo y recursos.
- Talleres de formación para trabajo de laboratorio: equipos y reactivos útiles para análisis de muestras fisicoquímicas y biológicas, cálculo e interpretación de los índices.

#### Técnicas de entrenamiento en campo

Se realizaron prácticas en campo en cuerpos de agua cercanos para aplicar lo aprendido en los talleres de aula, incluyendo captura de macroinvertebrados, muestreo fisicoquímico, etiquetado y colecta de los organismos.

Los estudiantes del Semillero de Investigación en Biodiversidad (SIB) adscrito a la Facultad de Ingeniería Ambiental, fueron el apoyo para el desarrollo de esta investigación, asistiendo a los docentes como parte de las actividades de entrenamiento en campo y laboratorio. A partir de ésta experiencia, los estudiantes vinculan los conocimientos de las ciencias básicas en la aplicación para el ejercicio profesional de la Ingeniería Ambiental, generando una cadena de formación en prácticas de muestreo y monitoreo de recursos hidrobiológicos.

### Generalidades y descripción de la zona de estudio

La Quebrada Menzulí nace en el Alto de Mantilla, zona rural de Floridablanca y Piedecuesta a una altura de 2100 m.s.n.m., y desemboca en el margen izquierdo del Río Frío a una altura de 750 m.s.n.m. Limita por el occidente con el borde oriental de la mesa de Ruitoque, por el costado oriental con la falla de Bucaramanga, por el sur con el municipio de Piedecuesta y al norte con el casco urbano de Floridablanca.

### Selección de los puntos de Monitoreo

Basados en información secundaria, puntos de interés para la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), autoridad ambiental de la región, condiciones topográficas y acceso a la quebrada, se definieron 12 puntos de monitoreo, desde el afloramiento hasta la desembocadura. En estos puntos se colectaron muestras fisicoquímicas y biológicas en dos épocas climáticas diferentes, para determinar la aproximación de ciclo de vida completo, de la mayoría de los macroinvertebrados que habitan la quebrada y analizar el estado de contaminación.

### Colecta de macroinvertebrados

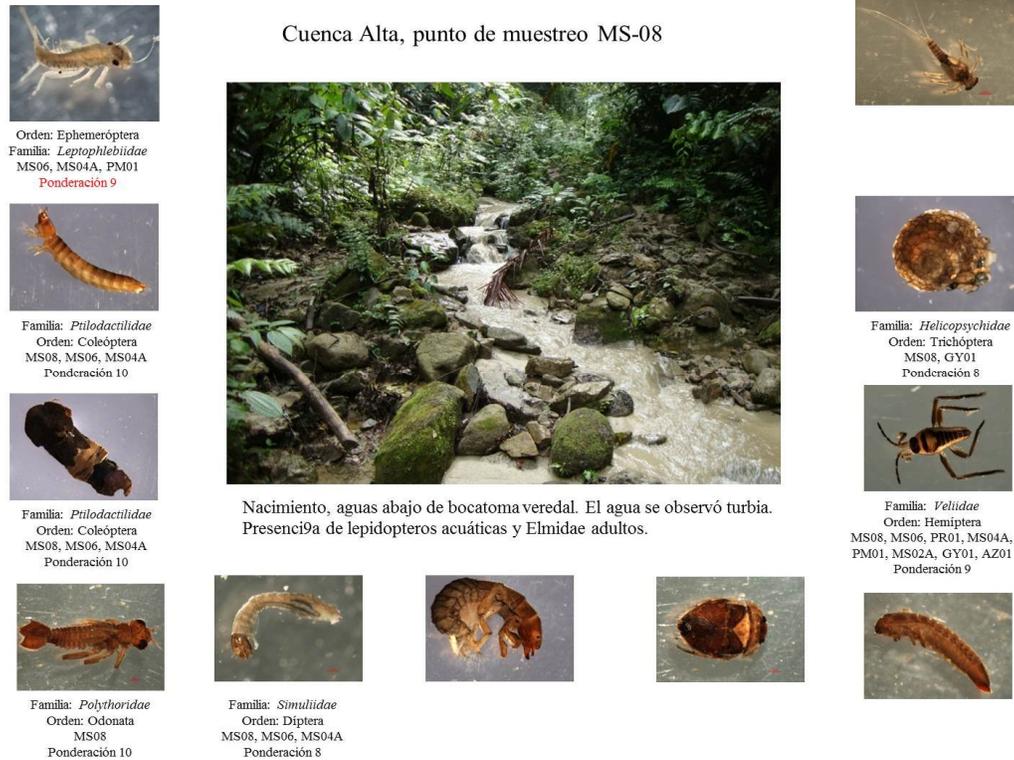
La colecta de macroinvertebrados se realizó según el método “Kick Sampling” (Fide, 1989), cada cinco metros en ambas orillas de la quebrada por punto de muestreo, en un periodo de tiempo de una hora o hasta encontrar repeticiones de las muestras colectadas. Las jornadas de monitoreo fueron diurnas. La colecta se hizo a partir del reporte del nicho ecológico de las diferentes especies (remansos, corrientes, cascadas, bajo troncos y bajo piedras).

### Identificación de Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados colectados en campo se identificaron hasta el nivel de familia y/o género aplicando las claves taxonómicas y guías de campo de Bouchard (2004), Domínguez, et al (2006), Gooderham, et al (2003), Roldan, 2003, Roldán (1988), Oscoz, et al (2011) y Throp y Rogers (2010), en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Pontificia Bolivariana-seccional Bucaramanga. En las Figuras 1-3 se presentan las imágenes de los puntos representativos a lo largo de la Quebrada Menzulí (cuenca alta, punto de muestreo MS08; media, punto AZ07 y baja, punto AZ01, a pocos metros de su desembocadura), su descripción y los macroinvertebrados capturados en cada punto, la identificación a nivel de familia y la calificación según el índice BMWP/Col.

### Recolección de muestras análisis fisicoquímicos

Para coleccionar las muestras de pruebas fisicoquímicas se realizaron análisis in situ, para Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH y Temperatura. Adicionalmente en cada punto, se colectaron muestras para análisis de parámetros, de acuerdo a los índices de calidad de agua y contaminación presentes en la literatura. Como información complementaria a los parámetros mostrados, se realizaron aforos de caudal en todos los puntos de muestreo.



**Figura 1.** Quebrada Menzulí, cuenca alta, macroinvertebrados colectados



**Figura 2.** Quebrada Menzulí, cuenca media, macroinvertebrados colectados

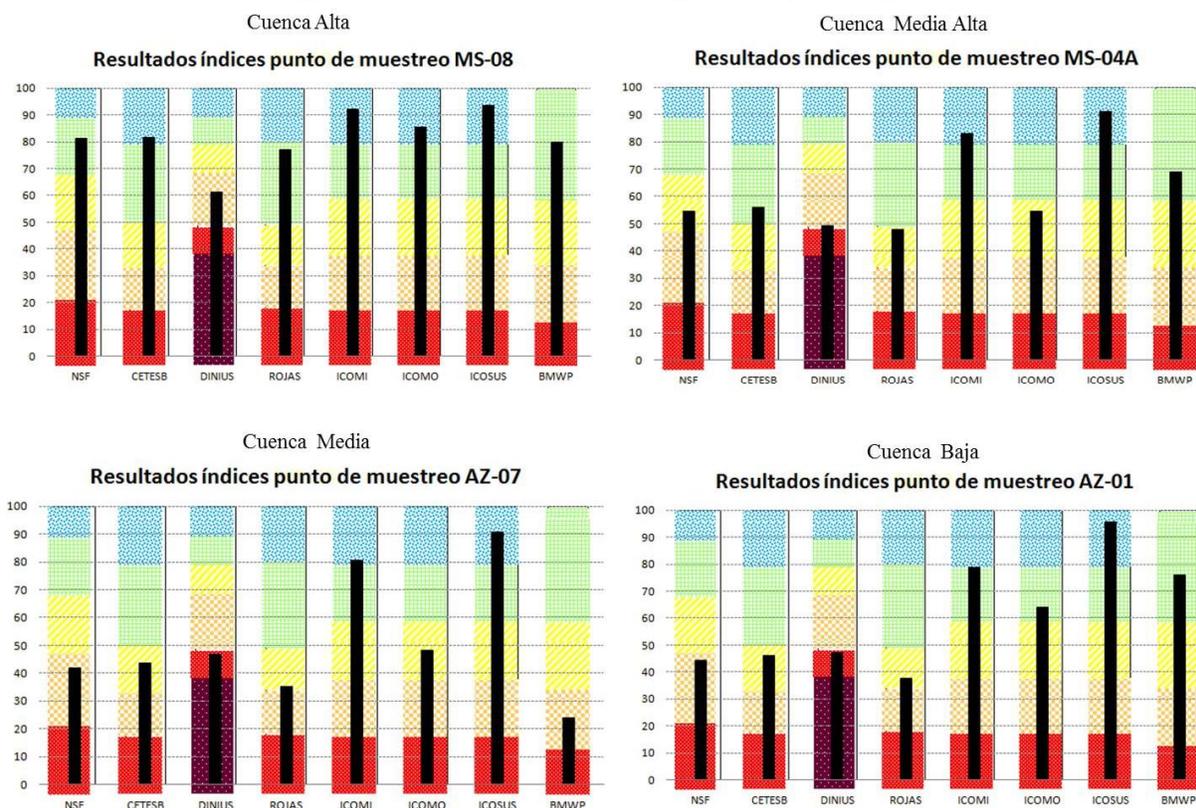


**Figura 3.** Quebrada Menzulí, cuenca baja, macroinvertebrados colectados

### Análisis de muestras fisicoquímicas

Las muestras para fisicoquímicos, se analizaron en el Laboratorio de Calidad de Agua de la CDMB, siguiendo los lineamientos de los métodos estándar y equipos calibrados para análisis de muestras. Los índices fisicoquímicos que se calcularon con el consolidado de datos fisicoquímicos fueron: National Sanitation Foundation (NSF), Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental de Brasil (CETESB), Índice de calidad de aguas Dinius, 1987 (DINIUS), Índice de calidad de aguas desarrollado por Rojas, 1991 (ROJAS), Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), y como índice biótico, el BMWP (Figura 4).

## Comparativos entre índices fisicoquímicos y biológicos



**Figura 4.** Resultados comparativos entre índices físico-químicos y biológicos calculados a lo largo de la Cuenca de la Quebrada Menzulí

### Discusión

Basados en los resultados y los análisis realizados en el presente estudio, se desarrolla el siguiente diagnóstico para el cuerpo de agua monitoreado: el agua de la quebrada Menzulí, en su recorrido desde la cuenca alta hasta su desembocadura, presenta una amplia variación en su calidad; inicia con “buena” calidad (Roldán, 2003), pero al descender en la zona media, debido al aumento de vertimientos domésticos e industriales que aportan carga orgánica a la quebrada, califica “moderadamente contaminada” y en algunos sectores a “muy contaminada” (Roldán, 2003). En la zona baja, como consecuencia de la disminución de vertimientos, el agua se recupera a una condición de “moderadamente contaminada”, permitiendo una auto-purificación de la quebrada antes de su desembocadura.

La aplicación de índices fisicoquímicos (Dinius, 1987; Rojas, 1991; Ramírez y Viña, 1998) y biológicos (Roldan, 2003) para determinar calidad de agua, permitieron obtener un diagnóstico confirmativo y compatible en los resultados, brindando a los estudiantes de Ingeniería Ambiental la posibilidad de utilizar herramientas de fácil aplicación, económicas y complementarias, para su desempeño profesional.

El presente estudio establece el punto de partida para proyectar la evaluación del estado de calidad de los sistemas lóticos dulceacuícolas del área metropolitana de Bucaramanga y constituye una base sólida en la elaboración y publicación de una guía de campo para especies bioindicadoras de los cuerpos de agua de Santander.

### **Conclusiones**

Se logró participación de los estudiantes en el proceso completo de desarrollo para la preparación, ejecución e integración de conocimiento básico y aplicado, en las actividades de campo y laboratorio, del estudio realizado.

El trabajo interdisciplinario logró destacar habilidades y fortalecer competencias al complementar las capacidades individuales, permitiendo resultados con valor científico y logrando sensibilizar a los estudiantes en la importancia de aunar esfuerzos en la búsqueda de un resultado.

Se desarrollaron destrezas y habilidades en el manejo de equipos de campo y laboratorio.

Desde el análisis e interpretación de datos y resultados de las diferentes pruebas, los estudiantes proyectan el impacto de la actividad antrópica sobre los recursos naturales para identificar estrategias y soluciones integrales desde lo económico, ambiental y social.

Se encontró en el estudio que la aplicación de índices que asocian la contaminación por materia orgánica, se correlaciona con la valoración de los macroinvertebrados presentes.

**Agradecimientos** *Los autores expresan sus agradecimientos a los estudiantes del Semillero de Investigación en Biodiversidad (SIB) de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga, por su participación en las actividades de campo y laboratorio para el desarrollo del presente estudio.*

*A la Dirección General de Investigaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana– Seccional Bucaramanga y a la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB por el apoyo económico y logístico para el desarrollo del proyecto.*

### Referencias bibliográficas

- Bouchard, R.W. (2004) Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota. 208 pp.
- Dinius, S. H. (1987). Design of an index of water quality. Water Resources Bulletin, **23**(5), 833–843.
- Dominguez, E.; Molineri, C.; Pescador, M.; Hubbard, D. & Nieto, C. Aquatic Biodiversity in Latin America. (2006) Vol. 2: Ephemeroptera of South America. PENSOFT. Moscow. 647 pp.
- Gooderham, J. & Tsyrlin, E. (2003) The Waterbug Book. A guide to the freshwater macroinvertebrates of temperate Australia. CSIRO Publishing. Australia. 241 pp.
- Oscoz, J.; Galicia, D. & Miranda, R. (2011) Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain. Springer. 176 pp.
- Ramírez, A; Restrepo, R y Fernández, N. (2003). "Evaluación de impactos ambientales ocasionados por vertimientos sobre aguas continentales". Amb. & Des. 12:53-80.
- Ramírez, A y Viña, G. (1998) Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 312pp.
- Rojas, O. (1991) Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación. Seminario Internacional sobre calidad del agua para consumo, Cali.
- Roldán, G. P. (2003) Bioindicadores de la calidad del agua. Uso del método BMWP/COL. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán, A. G. (1988) Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Primera edición. Presencia Ltda. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN-Colombia. Bogotá. 217 pp.
- Throp, J. y Rogers, Ch. (2010) Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America. Elsevier – Academic Press. New York. 300 pp.
- Walton-League, I. The Stream Study: Identification Key for Common Stream Bottom Macroinvertebrates <http://people.virginia.edu/~sos-iwla/Stream-Study/StreamStudyHomePage/StreamStudy.HTML> (consultada: 01/08/2011).