

## Análisis fisicoquímico y biológico de calidad de agua de la quebrada La Chachafruto parte baja de la subcuenca La Salazar del Municipio de Rionegro – Antioquia

---

### **Ledys Ximena De la hoz Cuesta**

*Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Investigación en Agropecuaria y Agroindustria SiAgro, Ingeniera Ambiental.  
delahozcuesta@misena.edu.co*

### **María Eugenia Gil Cardona**

*Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Investigación en Agropecuaria y Agroindustria SiAgro, Gestión de Recursos Naturales (Tecnólogo).  
meg.1190@hotmail.com*

---

## Resumen

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, ha sido prioritaria la inclusión de las comunidades acuáticas como una herramienta básica para evaluar la calidad de los ecosistemas (Roldan, 2003; Forero y Reinoso, 2013), debido a que el uso de macroinvertebrados acuáticos resulta una herramienta ideal, sencilla, rápida y de bajo costo para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua (Roldan, 1996; Rosales y Sánchez, 2013; Vásquez y Medina, 2014) revelando las condiciones ambientales actuales y a través del tiempo (Alba-Tercedor, 1996). El presente trabajo de investigación reporta información útil sobre la valoración de La quebrada La Chachafruto con relación a la evaluación de la calidad de este recurso hídrico, se empleó un estudio de comunidades acuáticas donde se recolectaron ciento sesenta (160) especies de macroinvertebrados

acuáticos, distribuidos en quince (15) familias de mayor representatividad en la zona de estudio destacándose las especies: *Chironomidae* con setenta y tres (73) individuos, *Haplotaxidae* treinta y un (31) individuos, *Physidae*, *Elmidae*, *Hydrometridae* con veintiocho (28) individuos. Los resultados indicaron de acuerdo con el índice BMWP/Col que la fuente hídrica está muy contaminada. Esto se pudo constatar además, con los resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en este estudio como la turbiedad, conductividad, sólidos totales y la existencia de descargas de vertimientos de aguas residuales domésticas directamente a la fuente hídrica sin ningún tratamiento previo.

**Palabras clave:** *Fuente hídrica natural, Variables fisicoquímicas, macroinvertebrados acuáticos, calidad del agua, La Chachafruto*

## Introducción

Los ecosistemas hídricos son fundamentales para la vida y el desarrollo de los seres humanos, en Colombia este recurso natural es abundante, proviene de aguas oceánicas, ríos, quebradas, aguas lluvias, lagos, lagunas. Ramakrishna (1997) define a la subcuenca como un sistema de ríos secundarios que desaguan en el río principal, cada afluente tiene su respectiva cuenca, una subcuenca puede tener varias microcuencas dentro de ella: las características de estos sistemas pueden verse seriamente afectadas por las actividades antrópicas que se desarrollan en su entorno tales como la industria y la expansión urbanística, generando consecuencias graves como la disminución de la calidad por contaminación agroquímica, incremento de la carga orgánica y aumento de la sedimentación (Hayward, 2005; Coutinho et al. 2009).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos son una alternativa biológica muy aceptada para evaluar y monitorear la calidad de los sistemas dulceacuícolas, debido a que estos invertebrados bentónicos son muy susceptibles a los cambios ocasionados por las actividades

humanas que producen contaminación orgánica y destrucción de sus hábitats, por eso son reconocidos como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua. (Roldan, 1999), este método de análisis en Colombia comienza con los trabajos realizados en el río Medellín (Roldan, 1973) quien adapta posteriormente en el año 2003 para Colombia un sistema denominado BMWP/Col (*Biological Monitoring Working Party*) un método sencillo y rápido en el que los individuos se identifican taxonómicamente hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, la presencia o ausencia posteriormente se asigna una valoración de acuerdo al grado de la tolerancia a la contaminación orgánica, las familias más sensibles como *Perlidae* y *Oligoneuriidae* reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, *Tubificidae*, reciben una puntuación de 1.0 (Armitage et al. 1983) y posteriormente se suman los valores de todas las familias identificadas que arrojaran el puntaje total de BMWP, esta metodología es utilizada para análisis de calidad de corrientes hídricas de bajo y mediano orden, principalmente de la zona andina (Zúñiga et al. 1993; Zamora, 2001, Roldán, 2003), las ventajas de esta metodología es que permite hacer un monitoreo del cuerpo de agua de manera rápida, sencilla y confiable, sin pretender puntualizar las necesidades ambientales de las comunidades bentónicas; otras de las formas de evaluar las condiciones de estos sistemas hídricos es a través de las características fisicoquímicas que dan indicaciones de la dinámica de los agentes contaminantes, destacando para esta investigación como es el caso de la turbiedad que es una propiedad óptica que dispersa la luz según la presencia de materiales en suspensión como la arcilla, el limo, la materia orgánica determinando la transparencia del agua (Roldan, 2003), la conductividad que es la propiedad de soluciones acuosas para conducir corriente eléctrica, proporcionando información de la productividad primaria, descomposición de la materia orgánica y detección de fuentes contaminadas.

## Metodología

La investigación aplicada fue diseñada e implementada en la microcuenca La chachafruto del municipio de Rionegro, vereda Chachafruto-La bodega. Los datos de este estudio fueron tomados para el periodo comprendido entre noviembre de 2018 a octubre de 2019. El estudio fue dividido en dos fases fundamentales las cuales se denominaron como Fase A y Fase B que se describen a continuación: la evaluación de la calidad hídrica por medio de variables fisicoquímicas y por bioindicadores a través de macroinvertebrados acuáticos.

## Área de estudio

Se escogieron cuatro puntos de muestreo en la parte baja de la subcuenca La Salazar (fuente hídrica La chachafruto), dos de ellos fueron ubicados antes de la zona franca con coordenadas 6° 9'35" N -75°24'51" W. y los otros dos posteriores a esta 6°09'11"N 75°24'50" W, para determinar si se presentan cambios drásticos en la calidad debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en esta zona industrial, así mismo se tuvieron en cuenta posibles focos de contaminación por actividades agrícolas y de recreo en la parte anterior, de manera que apriori se podría establecer la calidad del agua entre aguas muy contaminadas o dudosas.

Esta zona Limita con la vía Rionegro, vía Llanogrande, vía alterna de las Palmas y el tablazo, la vereda Bodega-Chachafruto se encuentra a 30 kilómetros de la ciudad de Medellín y cercana al aeropuerto internacional José María Córdova.; a una altura 2740 msnm registra temperaturas promedio de 18,5°C, presenta precipitaciones bimodal, con periodos lluviosos en los meses de abril y mayo en el primer semestre y de octubre a noviembre en el segundo. La humedad relativa es del 75% y alcanza una máxima del 90% en épocas de lluvia y un mínimo de 59% en épocas de baja precipitación. En promedio se evaporan 1219 mm/año es decir el 67% de la precipitación anual y el 23% restante se convierte en agua de infiltración y escorrentía. Hay dos estaciones secas en el año, la más prolongada es de diciembre a marzo y otra corta en junio y julio. (Municipio de Rionegro, 2016)

La vegetación existente corresponde al tipo de formación vegetal Bosque Húmedo Montano Bajo (bh- MB), donde prosperan frutales y un poco de ganadería con potreros de Kikuyo, pastos nativos y foráneos, se pueden observar algunas especies vegetales nativas de la región como lo son el sauce *Salix humboldtiana*, guadua *Guadua angustifolia*, guayacán amarillo *Handroanthus chrysanthus*, acacias *Acacia sensu lato*, yarumo *Cecropia pertata*, entre otros, y especies introducidas como el ojo de poeta *Thunbergia alata*, eucalipto *Eucalyptus*, pino patula *Pinus patula*, pino ciprés *Cupressus sempervirens* en cuanto a la fauna es escaza aunque se pueden ver Alcaraván *Vanellus chilensis*, garza blanca *Ardeidae*, barranqueros *Momotus momota*, gallinazos *Coragyps atratus*.

El principal uso de suelo en la zona de influencia es rural, en el que predominan fincas de recreo, algunos cultivos de hortalizas, frijol, maíz, flores, pinos y eucaliptos, hay zonas suburbanas. La microcuenca llamada Chachafruto nace en la vereda Yarumal cuenta con un área de distribución de 3.432,93 ha forma parte de la subcuenca La Salazar, que tributa en el río Negro, la cabecera de la microcuenca es aprovechada para el acueducto del Aeropuerto José María Córdova y el acueducto veredal Asociación de Usuarios del Acueducto Rural Sajonia Alto de Vallejo.



**Figura 1.** Localización de la zona

**Fuente** Autores

## Muestreo y análisis de datos

*Metodología de muestreo.* Se realiza el estudio de los bioindicadores semanalmente durante seis (6) meses comprendidos entre marzo-agosto, tomando cuatro puntos de muestreo, dos puntos fueron en la parte alta y dos en la parte baja, se recolectaron los individuos de macroinvertebrados bentónicos en las hojas y raíces de las plantas acuáticas, debajo de piedras y en el fango del río para un total de 24 muestras de estas comunidades empleando metodologías como jameo en orillas con un jamo de 0,2 mm recolectando en las redes los organismos en todos los microhabitats en transectos de 30 m de longitud a lo largo del cauce, de manera manual levantando piedras, ramas, rocas, material sumergido y se tomaron con pinzas de aluminio delgadas para almacenarlas en los frascos plásticos con alcohol, con la red pantalla construida con dos mangos de madera de más o menos 1 m<sup>2</sup> con un ojo de malla de 500  $\mu$ m aprox. una persona en contracorriente sujetó la red y otra removió el fondo con los pies durante quince (15) minutos continuos haciendo tres (3) repeticiones, este material que se acumuló en la red se depositó en coladores finamente tupidos de 0,2 mm y bandejas blancas para lavar el exceso de lodo luego recolectar las larvas y los macroinvertebrados de las muestras en el mismo lugar, posterior al muestreo se almacenaron en frascos plásticos pequeños rotulados con fecha, localidad, tipo de sustrato y el nombre del colector en alcohol etílico al 70% para fijarlos y luego realizar la identificación de cada uno de los individuos según las claves de Roldán (1988) Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia y (2014) Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico para identificarlos hasta el nivel de familia luego se hizo un inventario de lo que habitaba en cada estación de muestreo, luego se le asignó la puntuación a cada una según el índice de calidad ecológica IBMWP/Col para la suma total de la puntuación que se encontró en cada una de ellas.

Se realizó un muestreo en el mes de mayo de 2019 determinado por alta pluviosidad y otro en el mes de agosto del mismo año con predominancia de tiempo seco; en total se tomaron ocho (8) muestras de agua natural en cada uno de los puntos representativos establecidos: dos (2) en la parte alta caracterizada por la presencia de cultivos pan coger, fincas de

veraneo y presencia de vertidos de aguas residuales domésticas y dos (2) en la parte baja donde se encuentra la zona franca industrial; con todas las medidas de seguridad y los elementos de protección personal requeridos; empleando los materiales y recipientes esterilizados y rotulados, con el multiparámetro Hanna calibrado se midió in situ el pH y la conductividad, en cada muestreo se conformó una muestra integrada recolectada en dirección opuesta a la corriente y al mismo tiempo en tres puntos diferentes (orillas y centro) sumergiendo la botella plástica hasta recolectar un volumen de setecientos (700) ml aprox. para conformar la muestra de dos (2) litros, que posteriormente fueron transportada a las instalaciones del laboratorio Acreditado Onmiambiente para los análisis fisicoquímicos de las variables de sólidos totales (mg/L) DQO (Demanda química de oxígeno-mg/L), DBO5 (Demanda biológica de oxígeno – mg/L), Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Turbiedad (NTU), medición de pH (UpH), Dureza (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), Cloruros (mg/L Cl) y Alcalinidad (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), utilizando los equipos baño maría memmert, horno de secado Aceq, balanza analítica Femto, Bureta de vidrio marca pyrex con una capacidad de 10 mL y una resolución 0.02 mL, microdigestor para micro DQO, Termoreactor para DQO marca E & Q, Medidor de oxígeno marca Hach, conductímetro Hanna HI 9033, Potenciómetro Hanna, Titulador digital, agitador magnético, plancha de calentamiento, equipo de filtración entre otros materiales y aplicando la metodología estándar del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

## Análisis

El listado de las familias de los macroinvertebrados acuáticos se realizó de acuerdo a las familias propuestas por (Roldan, 2003) para Colombia, se recolectaron ciento sesenta (160) macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 15 familias entre las más representativas están: *Chironomidae* con 73 individuos, *Haplotaxidae* 31 individuos *Physidae*, *Elmidae*, *Hydrometridae* con 28 individuos asignándose los valores apropiados a la tolerancia de contaminación orgánica y teniendo como precedente las descargas directas de aguas residuales domésticas en la parte alta lo que ya es un índice de la carga contaminante y la ecología de la especies presentes, luego se les asigno los valores de tolerancia de

acuerdo a los criterios del método BMWP/Col y sumatoria de acuerdo a las familias distribuidas en cada punto de muestreo (parte alta y baja). El común denominador promedio de los dos sitios de muestreo de los bioindicadores resaltan un estado de calidad como crítico que se refiere a aguas muy contaminadas.

**Tabla 1.**

Índice promedio de la calidad de agua.

|                        | Sitio 1 | Sitio 2 |
|------------------------|---------|---------|
| <b>BMWP/Col</b>        | 29      | 27      |
| <b>Estado del agua</b> | Crítica | Crítica |

**Fuente:** Autor

## Resultados y discusión

**Macroinvertebrados acuáticos** Se recolectaron ciento sesenta (160) macroinvertebrados acuáticos en los dos puntos durante los seis meses de muestreo distribuidos en quince (15) familias, según la tabla 2.

**Tabla 2.**

Familias de macroinvertebrados acuáticos de los muestreos.

| Familia              | N. Individuos | BMWP/Col |
|----------------------|---------------|----------|
| <i>Chironomidae</i>  | 73            | 2        |
| <i>Haplotaixidae</i> | 31            | 1        |
| <i>Physidae</i>      | 14            | 3        |
| <i>Elmidae</i>       | 6             | 6        |



| Familia                | N. Individuos | BMWP/Col |
|------------------------|---------------|----------|
| <i>Hydrometridae</i>   | 8             | 3        |
| <i>Belostomadidae</i>  | 3             | 5        |
| <i>Elmidae</i>         | 5             | 6        |
| <i>Staphylinidae</i>   | 7             | 6        |
| <i>Helicopsychidae</i> | 2             | 8        |
| <i>Hyalellidae</i>     | 2             | 7        |
| <i>Hydrophilidae</i>   | 5             | 3        |
| <i>Leptocendae</i>     | 2             | 3        |
| <i>ceratopogonidae</i> | 3             | 3        |
| <i>chordodidae</i>     | 2             | 10       |

**Fuente** Autor

El índice BMWP a lo largo del muestreo proporciona un patrón tendiente a valores que se asocian a familias tolerantes a la contaminación orgánica tanto en períodos lluviosos como en sequía, indicando aguas contaminadas o fuertemente contaminadas y unos pocos individuos que pertenecen al grado ligeramente contaminadas, que indican calidad crítica y dudosa además, se destaca la presencia de vertimientos domésticos directos en la parte alta y la zona industrial limitante en la parte baja con el cuerpo hídrico, referente al valor ASPT (puntuación promedio por *taxa*) que se calculó a partir del puntaje BMWP dividido por el número de taxones en cada uno de los muestreos y estaciones arrojó valores que están en un rango entre 4-6 reforzando los resultados anteriores debido a que corresponden a aguas muy contaminadas o modernamente contaminadas.

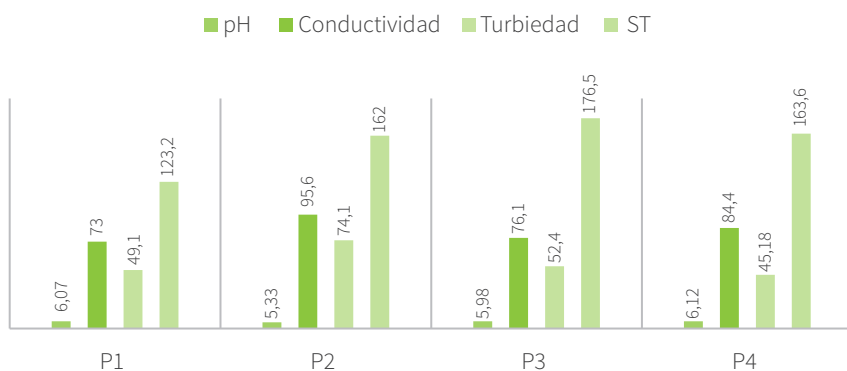
**Tabla 3.**

Clasificación de aguas y su significado ecológico según índice BMWP /Col y ASPT

| Clase | Calidad     | Valor BMWP | Valor ASPT | Significado                                                      | Color |
|-------|-------------|------------|------------|------------------------------------------------------------------|-------|
| I     | Buena       | > 160      | > 9-10     | Aguas muy limpias                                                |       |
|       |             | 101-120    | > 8-9      | Aguas no contaminadas                                            |       |
| II    | Aceptable   | 61-100     | > 6.5 -8   | Ligeramente contaminadas, se evidencias efectos de contaminación |       |
| III   | Dudosa      | 36-60      | > 4,5 -6,5 | Aguas moderadamente contaminadas                                 |       |
| IV    | Crítica     | 16-35      | > 3 - 4.5  | Aguas muy contaminadas                                           |       |
| V     | Muy crítica | < 15       | 1 - 3      | Agua fuertemente contaminadas, situación crítica                 |       |

**Autor** modificado Roldan 2003 en Álvarez 2006

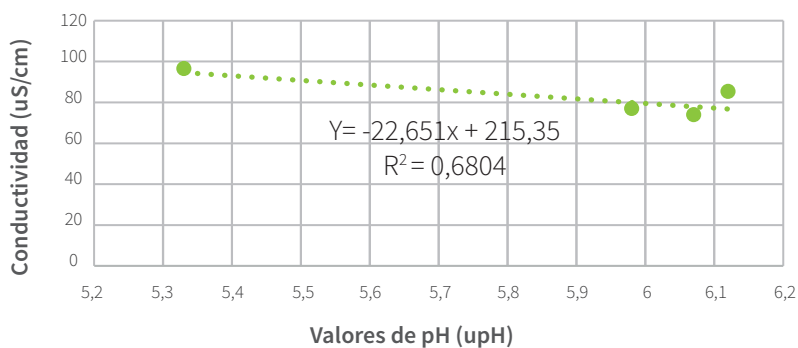
**Calidad fisicoquímica** En los análisis fisicoquímicos los valores más representativos están asociados a la Turbiedad 81,5 UNT, p H 5,87 UpH, conductividad 99,7  $\mu$ S/cm, solidos totales 162 mg/L estos últimos parámetros tiene relación directa con la presencia de limos, arcillas en solución por los procesos erosivos en las riberas de esta fuente y la relación DBO<sub>5</sub>/DQO están asociados a los vertidos domésticos biodegradables que demuestran las alteraciones en la calidad de la fuente y sus afectaciones en las comunidades biológicas presentes y las demás variables como, alcalinidad, cloruros, dureza están en rangos favorables y no son limitantes.



**Gráfica 1.** Resultados de parámetros representativos de la calidad hídrica de la Chachafruto.

**Fuente** Autor

**Tabla 4.** Relación entre los parámetros fisicoquímicos de pH y conductividad.



**Fuente** Autor

La correlación entre las dos variables es alta arrojó un valor de menos cero punto ochenta y dos (-0,82) lo que indica una relación inversa, es decir, a medida que el valor de pH decrece la conductividad aumenta, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) muestra que el 68% por ciento de los valores de pH se ve afectados por la conductividad que está relacionada con la productividad primaria y la descomposición de la materia orgánica asociados a contaminación en fuentes hídricas, además en los

puntos de muestreo (P2) se pudo evidenciar descargas de vertimientos de la lavandería del hotel, erosión de las riberas, pérdida de vegetación en las orillas y en (P1) descargas de lavado de vehículos, presencia de ganado cercana las fuentes hídricas que aumenta la conductividad por la presencia de iones afectando la calidad de la fuente y en los puntos P3 y P4 llegan las aguas del complejo de la zona franca que han pasado por tratamiento previo pero con carga contaminante aún, estos criterios también originan alteraciones en la composición biológica de los cuerpos de agua como se evidencia en las comunidades de macroinvertebrados en los que abundan familias tolerantes a la contaminación y a la presencia de sustancias tóxicas.

## Conclusiones

La fuente la Chachafruto es utilizada como receptor de descargas de aguas negras domésticas y escorrentías por el uso del suelo provocando modificaciones físico-químicas y biológicas que repercuten en la composición de las comunidades biológicas y el deterioro para los usos del agua.

El análisis de la calidad de la fuente hídrica La Chachafruto por medio de variables fisicoquímicas y con bioindicadores demuestran un estado crítico de este cuerpo hídrico por lo que se recomienda el control y vigilancia de las actividades que se desarrollan en sus alrededores como la expansión industrial y fincas de veraneo que tienen los vertidos domésticos directamente sobre este recurso.

## Agradecimientos

A todos los aprendices de la Tecnología de Gestión de recursos naturales ficha 1694616 del Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación -CIAA del municipio de Rionegro, quienes participaron en el proyecto de manera activa en la toma de los datos de campo, muestreos de aguas, aforos de caudales en la fuente hídrica La Chachafruto.

## Referencias

- Municipio de Rionegro, Antioquia.(2016). *Anuario Estadístico Rionegro*. Recuperado de <https://rionegro.gov.co/Documents/Anuario-estadistico-2016.pdf>
- Forero, A.M. y Reinoso, G.(2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1 (25),12-21. Recuperado de <https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/16>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias*. San José, Costa Rica.
- Roldán, G.(1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento De Antioquia. Medellín, Colombia.
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 23 (88): 375-387.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col. Editorial. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia
- Rosales, L. y Sánchez, S.(2013) Uso De Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores De Calidad Del Agua Del Rio Palacagüina, Norte de Nicaragua, Rev. Científica de FAREM-Estelí, Medio Ambiente, Tecnología y Desarrollo Humano, 8(2), 66-75
- Zamora, H. & Sarria, H. (2001). Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. *Unicauca Ciencia* 6: 21-42.
- Zúñiga, M. del C. Rojas, A.M. & Caicedo, G. (1993). Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del Río Cauca. *Revista de la Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia- AINSA* 13 (2): 17-28.