

# **USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA EN LACUENCA DEL RÍO NEGRO (COLOMBIA)**



## **AUTOR**

MARÍA PAULA RAMÍREZ RODRIGUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

## **INGENIERO CIVIL**

Director:

**RODRIGO SALAMANCA CORREA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CAMPUS NUEVA GRANADA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**CAJICÁ, FEBRERO 2022**

### **NOTA DE ADVERTENCIA**

“La universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus estudiantes en sus proyectos de trabajo de grado, sólo velará por la calidad académica de los mismos, en procura de garantizar su desarrollo de acuerdo con la actualidad del área disciplinar respectiva. En el caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, el estudiante – autor asumirá toda la responsabilidad y saldrá en defensa de los derechos. Para todos los derechos la universidad actúa como un tercero de buena fe”. (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995)

## GLOSARIO

**Análisis físico químico:** Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua con el fin de evaluar sus características físicas, químicas o ambas. Para determinar la calidad, se determinan el color, el olor, turbiedad, pH, conductividad, entre otros

**Análisis microbiológico:** Permiten determinar que el agua esté libre de bacterias que presenten in riesgo para la salud. El método consiste en la determinación del número de coliformes.

**Calidad ecológica:** Describe la estructura y la función de un ecosistema, se expresa mediante cierto número de elementos o variables que corresponden con los diferentes componentes del ecosistema.

**Glossosomatidae:** Larvas que se encuentran en las aguas que no presentan contaminación, se encuentran especialmente en zonas donde la corriente es moderada.

**Gradiente ambiental:** Cambio agudo o progresivo en las características de un ambiente, bioma o en una zona geográfica.

**Macroinvertebrados acuáticos:** Organismos que miden entre 2 milímetros hasta 30 centímetros, habitan en lugares con agua dulce. Son utilizados en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos como indicadores de las condiciones ecológicas o de la calidad del agua

**Macrófitas:** Plantas que habitan en ambientes acuáticos, son uno de los componentes mas importante de los ecosistemas, responsables de la productividad primaria, reciclar nutrientes y estabilizar sedimentos.

**Perifiton:** Es una comunidad compuesta por algas, hongos e invertebrados, se encuentra en los ecosistemas de agua dulce. Se reconoce como un importante indicador biológico de la calidad del agua

**Sistema Lótico:** Hace referencia al agua fluvial, el movimiento del agua es predominante en una dirección, lo cual hace que tanto las plantas como los animales que habitan en ellos, estén adaptados a las condiciones de agua en movimiento

**Staphylinidae:** La familia más diversa de escarabajos, ha sido utilizada como un grupo indicador de cambios ambientales, para medir el impacto humano sobre la biodiversidad y comparar hábitats con diferente cobertura vegetal

**Staphylinidae:** Coleópteros acuáticos empleados como indicadores ambientales, su vinculación es directa con la calidad de las aguas.

**Tubificidae:** Lombrices acuáticas que presentan alto contenido de materia orgánica. Su alta concentración son signo de contaminación del agua.

## PARTE I: INTRODUCCION

El propósito de este ensayo es dar cumplimiento al requisito de opción de grado de la Universidad Militar Nueva Granada con el fin de obtener el título de Ingeniera Civil, teniendo en cuenta los temas tratados en el proceso de aprendizaje en el diplomado de Gestión Ambiental, con el fin de mejorar en un futuro el desempeño profesional y aprovechar al máximo las herramientas que brindó el programa para ampliar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo académico de la carrera.

Los ecosistemas acuáticos se han visto afectados por la degradación ambiental que ha ido aumentando a través del tiempo, esta problemática ha llevado a la necesidad de monitorear la calidad del agua en los recursos hídricos. La evaluación biológica mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos tiene una gran ventaja sobre otros métodos debido a que estos reflejan el estado del efluente durante un periodo de tiempo y a su vez, suministran una gran cantidad de información biológica en un valor de clasificación de calidad del agua

En los últimos años, el concepto de la calidad de las aguas ha ido cambiando de un enfoque fisicoquímico a otro que integre los componentes del ecosistema. Se utilizan los macroinvertebrados acuáticos como un método económicamente viable y confiable desde el punto de vista científico para el seguimiento de la calidad de agua de los recursos hídricos. En Colombia, los estudios de los macroinvertebrados se evidencian desde los años setenta mediante investigaciones que se dedicaron a la caracterización fisicoquímica de los ríos por medio de inventarios de macroinvertebrados que habitaban en los sistemas lóticos. A partir de estas bases taxonómicas, en los años noventa se realizaron investigaciones a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados se consideran actualmente como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido a su tamaño, a su amplia composición y a su adaptación a diferentes variables físico-bióticas. Además, son relativamente sencillos, rápidos y de bajo costo, lo que los hace idóneos para el monitoreo y control del recurso hídrico. Los índices bióticos se basan en la abundancia y diversidad de los grupos de macroinvertebrados debido a que estos, dependiendo de las condiciones del cuerpo de agua en el que habitan, se adaptan o desaparecen al no sobrevivir a la contaminación que se presenta en el efluente, los cuales son reemplazados por grupos nuevos que son tolerantes y como consecuencia, aumenta su densidad poblacional proporcionando información para poder determinar los cambios ocurridos en el cuerpo de agua.

La cuenca del Río Negro se encuentra delimitada por las fronteras entre El Retiro y Medellín, en el departamento de Antioquia en Colombia. Geográficamente el área está localizada en la vertiente oriental de la cordillera central, se denomina Río Negro a partir del vertedero del embalse La Fe. Sus principales efluentes son el Río Pantanillo y las quebradas La Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona y el Salado. Está conformada por diez municipios; Envigado, El Retiro, La Ceja, Guarne, San Vicente, El Peñol, Rionegro, El Carmen de

Viboral, Marinilla y El Santuario. El cuerpo de agua ha sido sometido a transformaciones espaciales y a cambios en su composición debido a la contaminación como consecuencia de las industrias que se encuentran en la zona y al incremento demográfico de la región. En la cuenca se localizan los municipios con mayor número de habitantes, al igual que una gran parte del sector productivo de la región, por tal motivo se tiene una gran cantidad de estaciones donde se llevan a cabo el control y seguimiento de forma trimestral teniendo en cuenta los periodos más críticos con el fin de evaluar la calidad sobre las corrientes.

El estudio se enfocará en cinco tramos donde están instaladas diferentes estaciones meteorológicas del IDEAM<sup>1</sup>, se analizan los datos en las distintas partes del río con el fin de comparar la calidad del agua río arriba y río abajo, teniendo en cuenta que en estas zonas se intercambian las aguas del Río Negro con los principales efluentes. Para la evaluación de la calidad del agua se comparan los resultados obtenidos en el estudio del Río Negro llevados a cabo en el año 2002 con los del 2007 debido que en estos años se encuentra gran material para poder comparar la información recopilada e implementar los índices BMWP/col, el ASTP y el ICA para conocer la evolución del sistema a través del tiempo, determinado el grado de alteración de cada uno de los tramos seleccionados y la evolución de los macroinvertebrados a lo largo del gradiente longitudinal del Río asociado con la contaminación.

## PARTE II: PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

En el presente escrito se muestra la aplicación de los macroinvertebrados y de las variables fisicoquímicas como método para establecer un índice de calidad ecológica en un sistema lótico como es en este caso la cuenca del Río Negro, desde la parte más alta del río hasta su zona de cierre. El índice consiste en la determinación de un gradiente ambiental a partir de un análisis de correlaciones entre abundancias y registros fisicoquímicos, empleando “el índice Biological Monitoring Working Party adaptado para Colombia (BMWP/Col), el promedio de puntuación por taxón (ASTP) y el índice de Calidad Ambiental (ICA)” (Montoya, 2011). Para conocer el estado y la evolución del sistema a través del tiempo, se utiliza la información suministrada en el año 2002 y el 2007 en las estaciones de muestreo que se encuentran en las áreas de estudio, con el fin de comparar los grados de alteración en los diferentes tramos del río por medio de la composición de los macroinvertebrados a lo largo del gradiente longitudinal del río ligado a la contaminación.

---

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Organismo público que garantiza el acceso a la información sobre el estado de los recursos naturales y las condiciones hidrometeorológicas del país

## OBJETIVO GENERAL

- Conocer el estado ecológico y la calidad del agua del Río Negro en cinco tramos desde la parte más alta de la cuenca del río hasta la zona de cierre de la corriente principal, mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos que habitan en el cuerpo de agua.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la condición ecológica en el Río Negro, a través de la composición y estructura de los macroinvertebrados que se presentan en el recurso hídrico
- Adoptar los índices BMWP/Col, el ASPT y el ICA para evaluar los ecosistemas acuáticos por contaminación orgánica y la degradación ambiental con el fin de determinar la calidad del agua del río negro
- Fomentar el uso de los macroinvertebrados como una herramienta idónea para la determinación de la calidad del agua del Río Negro

## PARTE III: DISCUSIÓN

En la zona de nacimiento del río, producto de la descarga del embalse de la Fe, se encuentra la estación Montenevado donde en las aguas transparentes se presenta en abundancia las macrófitas y perifiton. La segunda zona de estudio se localiza aguas abajo del barrio Porvenir, uno de los mayores asentamientos urbanos en el municipio de Río Negro, además se encuentra la estación Puente Real tratándose de aguas turbias y en cuanto a macroinvertebrados es poca la presencia de macrófitas, mientras que se encuentra en gran abundancia el perifiton. La tercera zona de estudio se encuentra en el sector industrial a las afueras de la ciudad de Rionegro, en este tramo se realizan grandes movimientos de tierra para la ampliación de una autopista y además se reciben las aguas de la quebrada La Cimarronas y La Mosca, estas recogen las aguas que pasan por los municipios de El Carmen de Viboral y Guarne, en esta zona donde las aguas son turbias se cuenta con la estación Puente Autopista y se evidencia la ausencia de macrófitas y perifiton. La cuarta zona de estudio se localiza aguas abajo del tramo donde se conectan las aguas de la quebrada La Marinilla junto al Río Negro, las aguas son turbias y en este tramo se encuentra la estación La Fresera, con alta presencia de perifiton y se evidencia una escasez de macrófitas. Por último, la quinta zona de estudio es el cierre de la corriente principal, después de la desembocadura de la quebrada El Salado, fuente proveniente de la zona urbana del municipio de San Vicente. Se presenta vegetación en ambos márgenes del río, el agua se caracteriza por ser turbia y con escasez de macrófitas y perifiton. Cerca de la estación Río Abajo no se encuentran operaciones de tipo industrial, sin embargo, por el tipo de suelo se realiza la actividad ganadera y agrícola.

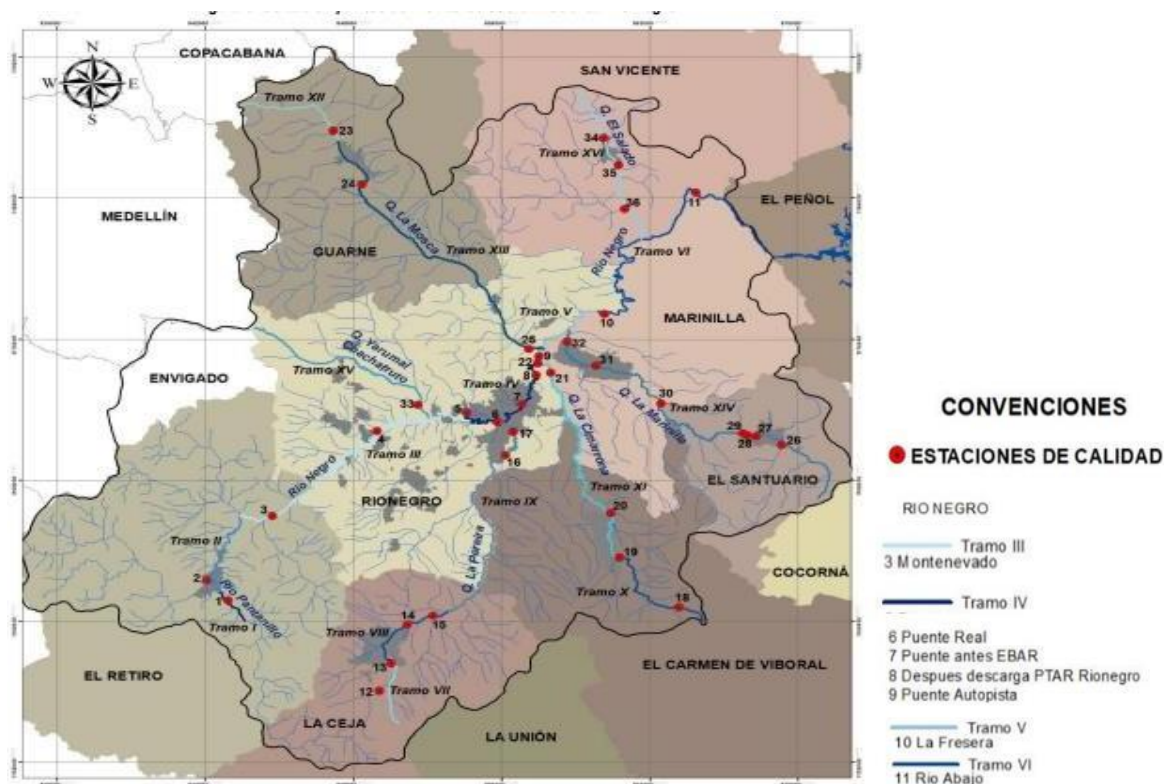


Ilustración 1. Ubicación estaciones de monitoreo de Calidad de agua sobre la cuenca Rio Negro. Fuente Grupo Recurso Hídrico CORNARE. Escala: 1:100.000. tomado de: [https://www.cornare.gov.co/PORH/INFORME%20FINAL\\_IMPLEMENTACION\\_PORH\\_ANO\\_2017.pdf](https://www.cornare.gov.co/PORH/INFORME%20FINAL_IMPLEMENTACION_PORH_ANO_2017.pdf)

Para cada variable física, química y microbiológica se obtiene un valor medio basado en los muestreos realizados en cada una de las estaciones. “En cuanto a la estructura de las agrupaciones de los macroinvertebrados durante los dos periodos de muestreos entre los años 2002 y 2007, se puede observar que lo resultados son similares, presentándose ciertas variaciones en cuanto a la estructura” (Montoya, 2011). Como se evidencia en la ordenación del ACC (Análisis de correspondencia canónica) en la ilustración 2, se observa la tendencia de agrupación en cada una de las estaciones, representadas con figuras y según la zona de estudio, exceptuando los resultados del muestreo realizado en el 2006 en la zona 2 debido a que se afectaron por la variación del pH y la saturación de oxígeno, incrementando la riqueza de las familias y una reducción en la dominancia.

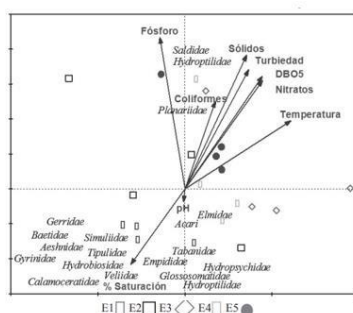


Ilustración 2. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica. (Montoya, 2011)

En la primera zona se presenta la mayor diversidad incluso muchas familias sólo se registraron en este sector del río. “A nivel temporal, se presentó un aumento del número de familias registradas entre los dos estudios” (Montoya, 2011). Aparecen 9 familias o subfamilias nuevas (*Tubificinae*, *Staphylinidae*, *Glossosomatidae*, *Hydropsychidae*, *Hydrobiosidae*, *Tipulidae*, *Empididae*, *Tabanidae* y *Planariidae*). En la zona dos y tres de estudio, disminuye significativamente la diversidad, la equitatividad y aumentó la dominancia; Se evidencia que sólo se encuentran los organismos que son tolerantes al incremento de los contaminantes que se presentan en estas zonas del cuerpo de agua, las comunidades son dominadas por gastrópodos, tubificidos y dípteros. En la zona cuatro se presentan condiciones similares a las dos anteriores, en especial en el año 2002 debido a que en el 2006 se evidencia una recuperación de la biodiversidad en este sector. Por último, en la zona donde culmina el río, se evidencia la capacidad de auto recuperación del río en especial en el año 2002.



Estación/Taxones	Periodo seco 2002					Sequia parcial 2002				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Piscicolidae</i>							235			
<i>Naididae</i>	8		15					15		
<i>Tubificinae</i>			15		132			20		
<i>Glossiphoniidae</i>		50				16	108	35		
<i>Acari</i>	6				8				1	
<i>Pyralidae</i>	2		5		6					
<i>Baetidae</i>	6					1				
<i>Libellulidae</i>	2				6	4				30
<i>Aeshnidae</i>	10					7				
<i>Calopterygidae</i>	30					20				58
<i>Coenagrionidae</i>				2	10	1			1	
<i>Veliidae</i>	612					32				
<i>Gerridae</i>						2				
<i>Staphylinidae</i>					4					
<i>Dryopidae</i>				4						
<i>Elmidae</i>	14			2						
<i>Gyrinidae</i>	6									
<i>Hydroptilidae</i>	58								3	
<i>Leptoceridae</i>					2	8				25
<i>Calamoceratidae</i>						3				
<i>Hydrobiosidae</i>	4									
<i>Chironomidae</i>	1320	40200			246	542	57	3	4	158
<i>Simuliidae</i>	14					16				
<i>Muscidae</i>								5		
<i>Ephydriidae</i>										2
<i>Lymneidae</i>	22	4								
<i>Physidae</i>	74	149	12	316		24	2			1080
<i>Planorbidae</i>	2									
<i>Ancylidae</i>	118	13	3	2		4				28
<i>Hydrobiidae</i>	6					2	1			6
<i>Sphaeriidae</i>	264		2			64	1			
Total	2578	40416	52	326	414	746	404	78	9	1387

Tabla 1. Lista de las familias de macroinvertebrados registrados y su abundancia en cada una de las estaciones de los muestreos del 2002 en el Río Negro (Montoya, 2011)

Estación/Taxones	Seco parcial 2006					Periodo seco 2007				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Naididae</i>	44		15			11		27		
<i>Tubificinae</i>	34	1394	8					17		3
<i>Glossiphoniidae</i>			1	25	74				5	
<i>Piscicolidae</i>	3			33						
<i>Erpobdellidae</i>	16		24	25		2			1	
<i>Acari</i>	12					1				
<i>Libellulidae</i>	1									
<i>Aeshnidae</i>	1									
<i>Baetidae</i>						1				
<i>Calopterygidae</i>	34			7	1	32				
<i>Coenagrionidae</i>				2						
<i>Veliidae</i>	80	3				57				
<i>Salidae</i>									1	
<i>Staphylinidae</i>	6								1	
<i>Elmidae</i>	8			5		12			2	
<i>Gyrinidae</i>	2									
<i>Dytiscidae</i>									3	
<i>Glossosomatidae</i>	183					128				
<i>Helicopsychidae</i>										
<i>Hydropsychidae</i>	1									
<i>Hydroptilidae</i>	92									
<i>Hydrobiosidae</i>	1									
<i>Leptoceridae</i>									1	7
<i>Tipulidae</i>	4					4				
<i>Chironomidae</i>	353	5			246	270		153	115	30
<i>Simuliidae</i>	83					19	3			
<i>Empididae</i>	1									
<i>Muscidae</i>			2							
<i>Tabanidae</i>	2									
<i>Orthocladinae</i>			8							
<i>Physidae</i>	61	642	12	30	469		5	6	2	
<i>Planorbidae</i>		1				4	78	3	1	2
<i>Ancylidae</i>	6	6					306		4	2
<i>Hydrobiidae</i>			1							
<i>Planariidae</i>	1				94	40	1	309	70	554
<i>Sphaeriidae</i>						1	69			2
Total	1029	2051	71	127	884	582	462	515	206	600

Tabla 2. Lista de las familias de macroinvertebrados registrados y su abundancia en cada una de las estaciones de los muestreos del 2007 en el Río Negro (Montoya, 2011)

Según los resultados obtenidos, se observa la formación de cuatro grupos: Las familias *Saldidae* y *Hydroptilidae*, asociados a los nutrientes y a los indicadores de contaminación. Por otro lado, la familia *Planariidae* se asocia a la contaminación microbiológica, *Elmidae* y *Acari* relacionados con el pH, *Glossosomatidae*, *Aeshnidae* y *Veelidae* son relacionados con aguas oxigenadas y de buena calidad. Por último, la primera zona de estudio es la que presenta mayores valores del BMWP<sup>2</sup>. En general, los valores de este índice oscilaron entre 8 y 135, ambos valores se encuentran en el periodo seco del año 2002, sin presentarse diferencias estadísticas significativas para esta variable con respecto a la variación espacial como lo son las estaciones meteorológicas ni temporal haciendo referencia a las campañas de muestreo. Por otro lado, el ICA<sup>3</sup> presenta dos tendencias; un predominio de mejores condiciones en los primeros muestreos realizados en ambas campañas donde se observa que la calidad del agua mejoró sus condiciones. En las dos primeras zonas se presentan condiciones similares entre sí, pero diferentes con respecto a las otras estaciones, estas restantes no presentan diferencias entre ellas con respecto a los valores del ICA.

En total se recolectaron 5300 individuos clasificados en 16 órdenes y 31 familias. Las familias como *Chironomidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Naididae* fueron las más frecuentes durante los muestreos, manifiestan características de aguas contaminadas. Por otro lado, se evidenció gran cantidad de *Veliidae* lo cual indican aguas de buena calidad. Los resultados reflejan una fauna de macroinvertebrados menor comparada a cuerpos de aguas de condiciones similares que no son afectados por la contaminación ni por transformaciones. Con las variaciones en la composición y la estructura de los macroinvertebrados se evidencia las alteraciones en algunos puntos del efluente como consecuencia de las acciones del ser humano, el gradiente de calidad a lo largo del perfil longitudinal responde a los efectos y consecuencias de las diferentes actividades humanas como lo es el represamiento de las aguas, la actividad agrícola y todas las sustancias químicas que repercuten de una forma negativa al cauce, la ampliación de las zonas de los cultivos cerca al río, además ésta zona se considera como la despensa alimentaria de Medellín y es catalogada como una de las regiones con mayor uso de agroquímicos en el país. También el gradiente responde a los procesos de erosión de la cuenca, la modificación del río y el vertido de efluentes residuales de tipo doméstico e industrial.

Según los resultados, no se obtuvo “correlaciones entre los índices BMWP/Col y el ICA con la temperatura ni con las variaciones significativas entre los muestreos” (Montoya, 2011). Los índices biológicos suelen presentar dependencia estacional relacionada con los deltas de temperatura del agua, sin embargo, en este caso los cambios de la calidad del agua obedecen más a la polución y la contaminación. Los índices BMWP/Col e ICA indican el deterioro de

---

<sup>2</sup> Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col) Índice biótico empleado para evaluar la calidad del agua en Colombia, generado a partir de los muestreos de macroinvertebrados y de variables fisicoquímicas

<sup>3</sup> Índice de calidad de Agua (ICA). El índice señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano sin importar su uso

la calidad del agua, en especial en las zonas medias y donde culmina el río Negro donde se observa una sustitución de las familias características de aguas de cabecera por taxones tolerantes como los *Chironomidae* y *Baetidae*.

Una desventaja del índice ICA es que no incluye la estimación de condiciones de contaminación por metales e hidrocarburos ni la evaluación del comportamiento sedimentario, sin embargo, el índice BMWP soluciona esta problemática gracias a que los macroinvertebrados reflejan las condiciones del medio, incluyendo las sustancias mencionadas, al habitar todo el tiempo en el cuerpo de agua. Los aportes de sustancias químicas utilizados en la actividad agrícola repercuten en la calidad del agua del río y sobre el ensamble de los macroinvertebrados que se encuentran en el sistema. Aunque las variables químicas no se tuvieron en cuenta en la investigación, es importante tener en cuenta que los cultivos y las sustancias que necesitan para su proceso ejercen un efecto negativo en el agua.

El río presenta una buena capacidad de depuración gracias a las pendientes pronunciadas, las cuales favorecen en los procesos de re-oxigenación de sus aguas. En los periodos de sequía se presenta una disminución de la calidad del agua evaluada mediante el índice BMWP/Col. Sin embargo, se evidencia un mejoramiento de las condiciones para este índice al comparar los muestreos realizados en el año 2002 con los del 2007 debido al aumento en el número de plantas de tratamiento que se localizan en la zona exactamente en los municipios del oriente antioqueño y de las campañas de concientización acerca del uso adecuado de agroquímicos y del mejoramiento de los sistemas de recolección de residuos, todos estos ítems mejoran la calidad del agua.

Realizando el mismo análisis, pero con el índice ICA, se presenta un cambio en el comportamiento del río debido a que se evidencia un aumento de la amplitud de la variación en los valores en los muestreos realizados en el último año, presentándose en el periodo seco de esta campaña las peores condiciones de la calidad del agua. Estos cambios son consecuencia de los impactos de corto y mediano plazo sobre los ecosistemas acuáticos, entre ellos se incluyen factores primarios como la hidrología, el transporte de sedimentos, el balance de carbono y los hábitats. Dentro del impacto secundario se evidencia la disminución de la diversidad de los peces y los vertebrados, como también los cambios en las tasas de crecimiento, la capacidad reproductiva, la composición de las comunidades y el comportamiento de la fauna acuática. La contaminación que se presenta en el río hace que los organismos que se encuentran en la zona desaparezcan o que sean remplazados por otros que si sean capaces de adaptarse y tolerar las condiciones

Al realizar una comparación espacial teniendo en cuenta los dos índices analizados, se puede concluir que los dos registran la primera zona de estudio con las mejores condiciones. La segunda zona presenta una disminución en la calidad del agua, la cual se agudiza en la tercera zona, considerándose como la que posee las peores condiciones de calidad biológica y fisicoquímica en especial en los periodos de sequía, debido a que en este tramo el río atraviesa la ciudad de Rionegro que cuenta con una población superior a los 100.000 habitantes, unida

esta demanda con la disminución del caudal se genera un impacto negativo sobre el cuerpo de agua. Además, en la zona se reciben los aportes de las quebradas La Pereira, La Cimarronas y La Mosca, teniendo todas estas en común una calidad crítica que repercute en las condiciones del río debido a la carga contaminante que poseen. En la cuarta zona el río por medio de su capacidad de depuración aparentemente logra a recuperarse. Finalmente, en la última zona se presenta una diferencia entre los índices debido a que el BMWP/Col presenta una disminución en la calidad biológica del agua mientras que el índice ICA refleja una estabilidad en las condiciones en un 75% debido al mejoramiento de la calidad fisicoquímica del agua. Esta diferencia se puede presentar por la dificultad para muestrear la fauna de los macroinvertebrados en la zona debido a que el río presenta un caudal muy alto el cual erosiona las orillas, complicando el muestreo en el sector.

#### PARTE IV: CONCLUSIÓN

Los trabajos de identificación de la biodiversidad acuática colombiana han tenido poca continuidad en el tiempo, por lo que uno de los objetivos de este escrito es fomentar el uso de estas comunidades para evaluar las condiciones de los cuerpos de agua que han sido afectados por los impactos negativos generados por el hombre, a través de los macroinvertebrados empleando los índices BMWP/Col y el ICA. El gobierno nacional, en especial el Ministerio del Medio Ambiente y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) deben implementar políticas o normas que promuevan la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores en programas de evaluación ambiental de los cuerpos de agua del país debido a que permitirían un análisis integral del recurso hídrico

Los macroinvertebrados son los organismos que se utilizan con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como indicadores de la calidad del agua debido a que estas comunidades acuáticas dan respuestas frente a las perturbaciones ambientales que se encuentran en la zona que habitan como lo son los residuos municipales, agrícolas, impactos sobre el uso del suelo, entre otros tipos de contaminación.

Los índices basados en la presencia de los macroinvertebrados ofrecen varias ventajas al evaluar la calidad del agua respecto a otros componentes de la fauna acuática. En Colombia, particularmente en Antioquia, gracias a las investigaciones realizadas sobre los invertebrados acuáticos, se ha generado una gran cantidad de información que sirve como base para utilizar los índices como lo es el BMWP para el monitoreo de las cuencas del país. Además, la presencia de los macroinvertebrados en todos los cuerpos de agua permite realizar estudios comparativos realizados en otras zonas e incluso países.

El enriquecimiento orgánico que se presenta en el río Negro permite diferenciar las zonas y conocer las condiciones que se presentan en cada una de ellas. El comportamiento de cada uno de los sitios estudiados fueron particulares, ya que en base a la información suministrada por las estaciones de muestreo que se encontraban en cada uno de los sitios, se presentaron mejores condiciones de calidad de agua en el año 2002 que en el 2007 y viceversa, lo que se relaciona con las variaciones que se presentan a través del tiempo.

El río Negro presenta contaminación por coliformes en todas las zonas estudiadas, según los valores obtenidos en los muestreos realizados en el 2007 el sistema continúa recibiendo aguas domésticas. Se necesita de un sistema de plantas de tratamiento de aguas residuales que mejore la calidad física, química y microbiológica del río, además se requieren de campañas de educación y monitoreo fisicoquímico y biológico con el fin de mejorar la calidad del agua del sistema hídrico y de los que habitan en la cuenca.

La evaluación de la calidad del agua debe considerarse una prioridad debido a que el agua es un recurso fundamental para los seres vivos. Este recurso es considerado el más vulnerable, además de significar un factor limitante e importante para la realización de diferentes actividades de orden industrial, cotidiano, entre otros. Según el gradiente de la calidad a lo largo del río se evidencia los efectos de las diferentes actividades como lo son el represamiento de las aguas, proceso de erosión, modificación del cauce y vertido de efluentes tanto domésticos como industriales. Las actividades humanas

## BIBLIOGRAFIA

- C. A. (Septiembre de 2018). *SEGUIMIENTO ANUAL 2017, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH*. Obtenido de [https://www.cornare.gov.co/PORH/INFORME%20FINAL\\_IMPLEMENTACION\\_PORH\\_ANO\\_2017.pdf](https://www.cornare.gov.co/PORH/INFORME%20FINAL_IMPLEMENTACION_PORH_ANO_2017.pdf)
- FAO, G. d. (2009). *Calidad Ecológica*. Obtenido de Definición de calidad ecológica.
- IDEAM. (s.f.). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. Obtenido de <https://cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/instituto-de-hidrologia-meteorologia-y-estudios-ambientales-ideam>
- Innova, G. (28 de Octubre de 2015). *Coleópteros acuáticos como indicadores biológicos del estado de conservación*. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/coleopteros-acuaticos-como-indicadores-biologicos-del-estado-de-conservacion/>
- Méndez, D. (2012). Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos. *Revista Colombiana de Entomología*, 141 - 147.

- Montoya, Y. (2011). Evolución de la calidad del agua en el Río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/Col y el ASTP. *Scielo*, 195 - 196.
- Reyes, C. C. (2001). *Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Quito: Ecociencia .
- Uriarte, J. M. (9 de Marzo de 2020). *Caracteristicas.co*. Recuperado el 14 de 5 de 2021, de <https://www.caracteristicas.co/ensayo-cientifico/>