

Determinación del estado ecosistémico de la subcuenca la Gómez y ciénaga de Paredes a través de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad en Sabana de Torres y Puerto Wilches, Santander

Determination of the state of the ecosystem Subcuenca La Gómez and swamp of Paredes through quality indicators aquatic macroinvertebrates in Sabana de Torres and Puerto Wilches, Santander

Amaya Hernández, María Fernanda¹, Sierra Hernández, Jayson² y Vargas Tangua, Frank Carlos³
Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental
San Gil, Colombia

mariaamaya@unisangil.edu.co
jaysonsierra@unisangil.edu.co
fvargas@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: agosto 17 de 2022
Fecha de aceptación: octubre 24 de 2022

Resumen — El proyecto consistió en la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca la Gómez y ciénaga de Paredes en los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches (Santander) a través de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad, mediante la realización de cuatro monitoreos hidrobiológicos durante el año 2015 e inicios del 2016, desarrollados en dos estaciones climatológicas del año (lluvias – seco), en 40 puntos de monitoreo distribuidos en la red de drenaje de la subcuenca y la ciénaga. Se diseñó un plan de monitoreo hidrobiológico con criterios técnicos, metodológicos y analíticos para obtener información relevante y útil de esta comunidad biótica, con el fin de realizar un análisis cualitativo y cuantitativo, calcular índices de diversidad, biológicos, e Índice de valor de importancia ecológico de la especie. Se establecieron niveles de estudio, para analizar específicamente las variaciones de los índices en puntos estratégicos. En términos generales el estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes según el índice BMWP, la calidad del agua es aceptable y los índices de diversidad biológica informan sobre condiciones de buena calidad del ecosistema, a pesar de la presencia de algunos factores de presión que podrían degradarlo. En el análisis a nivel de subcuenca, la calidad del agua por hidrobiología varía según la época del año en la que se realizó el monitoreo, por lo cual, se deben establecer diferentes medidas de conservación y gestión ambiental para cada tramo estudiado y cada época.

Palabras clave— Monitoreos hidrobiológicos, índices de diversidad, índices biológicos, macroinvertebrados acuáticos, BMWP.

Abstract - The project consisted of the determination of the ecosystem status of the Gómez sub-basin and Paredes swamp in the municipalities of Sabana de Torres and Puerto Wilches (Santander) through aquatic macroinvertebrates quality indicators, by conducting four hydrobiological monitoring during 2015 and early 2016, developed in two climatic seasons of the year (rainy season – dry season), in 40 monitoring points distributed in the drainage network of the sub-basin and the swamp. A hydrobiological monitoring plan was designed with technical, methodological and analytical criteria to obtain relevant and useful information from this biotic community, in order to perform a qualitative and quantitative analysis, calculate diversity indices, Value Index of Ecological Importance of the species. Study levels were established to specifically analyze changes in the indices at strategic points. In general terms the ecosystem status of the La Gómez sub-basin and Paredes marsh according to the BMWP index, water quality is acceptable and the biodiversity indices report on good quality ecosystem conditions, despite the presence of some pressure factors that could degrade it. In the analysis at the sub-basin level, the water quality by hydrobiology varies according to the time of year in which the monitoring was carried out, so different conservation and environmental management measures must be established for each section studied and each season.

Keywords - Hydrobiological monitoring, diversity indices, biological indices, aquatic macroinvertebrates, Biological Monitoring Working Party.

¹ Ingeniero Ambiental, Unisangil.

² Ingeniero Ambiental, Unisangil. QEPD.

³ Biólogo, Magíster en Gestión Ambiental. Director Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo Geasid, Unisangil

I. INTRODUCCIÓN

Se determinó el estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes en el municipio de Sabana de Torres y Puerto Wilches Santander, a través de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad, método validado para la evaluación de la calidad del recurso hídrico y del ecosistema asociado al mismo, para este caso se utilizó el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), adaptado y ajustado para Colombia por Roldan [1]. Así mismo, se calcularon índices que permitieron establecer la diversidad biológica, Shannon Weaver [2], Pielou [3] y Simpson Gini [4], útiles para explorar la estructura, composición y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos [5], y al igual que el BMWP, permitieron determinar la calidad ecosistémica.

Las metodologías aplicadas, ofrecen rangos para establecer la calidad ecosistémica, mediante información que se obtuvo a través de técnicas y procedimientos de campo, validados y considerados en el diseño del protocolo de monitoreo, posteriormente se procesa la información para obtener valores numéricos y poder contrastarlos con los rangos establecidos.

La relevancia de este estudio está definida por la problemática actual en los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches Santander, relacionada con las actividades de exploración y explotación del recurso energético y minero, actividades agrícolas y antrópicas, que generan un estado ecosistémico que afectan el recurso hídrico y pone en riesgo la calidad de vida de la población y de especies emblemáticas como el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*).

Desde el punto de vista técnico, se genera una herramienta para el monitoreo, control y seguimiento de la calidad ambiental del recurso hídrico por parte de la autoridad ambiental competente con el fin de cumplir, o modificar los objetivos de calidad en los puntos monitoreados, así mismo, el estudio se podría contrastar con indicadores de otra naturaleza, como los asociados a métodos fisicoquímicos implementados en el país. Metodológicamente se presentan tres fases relacionadas directamente con el cumplimiento de los objetivos específicos planteados, igualmente los resultados están expresados en el mismo orden y se mostrarán desde dos puntos de vista: cualitativa y cuantitativamente.

Respecto al análisis de la información, se realizó un análisis en tres niveles de estudio como se mencionó anteriormente, el primero general, el segundo por subcuencas y un tercero por tramos de cada subcuenca; la razón, obedece a la extensión del área de estudio (1450 Km²), que comprende dos zonas estratégicas: la ciénaga de Paredes y la subcuenca La Gómez con 548,50 Km², donde hay presencia de diferentes agentes externos que pueden alterar la calidad del recurso hídrico, además de las desembocaduras de diferentes

quebradas que pueden influir positiva o negativamente en la corriente principal La Gómez.

Se realizó igualmente una validación estadística de la información, utilizando correlaciones canónicas de las variables en la corriente principal La Gómez (22,37 km), que vierte en la ciénaga de Paredes. Para este caso, se muestra el análisis gráfico del índice BMWP de la Gómez en la segunda campaña de monitoreo realizada en época lluviosa, debido a que presentó mayores alteraciones en la variación de la calidad del agua en su trayecto.

En este sentido, el alcance del proyecto se basó en la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes a través de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad, de esta forma se Elaboró un plan de monitoreo hidrobiológico para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos en 40 puntos distribuidos en la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes. Posteriormente, se ejecutó el plan de monitoreo hidrobiológico a través de macroinvertebrados acuáticos, con el fin de calcular índices de diversidad e índices biológicos, para finalmente elaborar, finalmente se realizó un análisis de la información hidrobiológica obtenida para la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes.

II. METODOLOGÍA

La metodología ejecutada cumple con el desarrollo de los tres objetivos específicos propuestos en el proyecto, para el cumplimiento del objetivo general, y se realizó en tres fases.

A. Fase 1. Elaboración del plan de monitoreo hidrobiológico

Inicialmente se elaboró un plan de monitoreo hidrobiológico para el muestreo en 40 puntos distribuidos en la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes, el cual considera criterios técnicos, metodológicos y analíticos, para la obtención de información de campo relevante y útil de los organismos de la comunidad biótica de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad.

B. Fase 2. Ejecución del plan de monitoreo hidrobiológico

Se ejecutó el plan de monitoreo hidrobiológico de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos aplicando las técnicas, métodos y procedimientos establecidos, y se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo en el laboratorio, con el fin de calcular índices de diversidad (Shannon Weaver [2], Simpson Gini [4] y Pielou [3]), e índices biológicos (BMWP [1] e IVI [6]).

C. Fase 3. Análisis de la información hidrobiológica de la corriente principal quebrada La Gómez

Se analizó la composición y riqueza de especies, identificando distribución de abundancias por puntos de muestreo, para ello se aplicaron los índices de diversidad de Shannon Weaver [2], equidad de Pielou [3] y dominancia de Simpson Gini [4]. El cálculo de estos índices se realizó por cada red utilizada en el punto de monitoreo estudiado para analizar el comportamiento, variaciones y alteraciones en las comunidades acuáticas presentes en el bentos, neuston y neuston.

Para la determinación de la calidad del agua se consideró el índice biológico cualitativo BMWP; éste índice aplica puntajes asignados para las diferentes familias de macroinvertebrados registrados y el significado ambiental es representado por los valores de este índice, se realiza la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias y se obtiene la calidad del agua clasificándola en una de cinco clases [5].

Se analizó la importancia de una especie en un amplio rango geográfico en una serie de tiempo, utilizando el índice de valor de importancia ecológico (IVI) [7], con el fin de revisar entre grupos de todos los puntos de la región de estudio, cómo fue la importancia de una especie en un año hidrológico.

Finalmente se realizó el análisis de la información hidrobiológica obtenida mediante el manejo de: 1. Estadística descriptiva de los datos (análisis de correlaciones canónicas), 2. Análisis de los índices calculados frente a los rangos de calidad de los índices, 3. Análisis comparativo de los resultados obtenidos en los 40 puntos de monitoreo y análisis gráfico de las variaciones de los resultados en los tres niveles de estudio anteriormente mencionados.

Para este caso, se muestran los resultados de la subcuenca La Gómez que comprende de cinco tramos establecidos por criterios que más adelante se enunciarán, logrando la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y la ciénaga de Paredes.

III. RESULTADOS

A. Fase 1. Plan de monitoreo hidrobiológico

Se elaboró un plan de monitoreo con criterios técnicos, metodológicos y analíticos para el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos en 40 puntos de monitoreo respectivamente codificados, el cual contiene aspectos importantes como: la identificación y caracterización de la zona a estudiar, materiales requeridos, localización geográfica, recurso humano, fechas de muestreo e

instrumentos para el registro de información, elementos de protección personal y elementos de primeros auxilios.

B. Fase 2. Ejecución del plan de monitoreo hidrobiológico

La ejecución del plan se dividió en tres fases.

- 1) Realización de cuatro campañas de monitoreo a través de macroinvertebrados acuáticos.
- 2) Análisis en el laboratorio (cualitativo y cuantitativo).
- 3) Análisis e interpretación de los índices de diversidad e índices biológicos.

1) *Realización de cuatro campañas de monitoreo a través de macroinvertebrados acuáticos.* Durante el año 2015 se realizaron tres campañas de monitoreo, dos para periodos lluviosos (abril y julio) y una para período seco (noviembre), la cuarta campaña se realizó en el año 2016 para el mes de enero, correspondiente al período seco. Para el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad las redes utilizadas fueron: red Jama, D-Net y Surber con el fin de tener un estudio detallado en tres profundidades de la corriente, neuston, neuston y bentos respectivamente (ver figuras 1, 2 y 3).



Fig. 1 Red Surber quebrada La Gómez después de la unión con la quebrada San Isidro. Fuente: UNISANGIL, 2015.



Fig. 2 Red D-Net quebrada La Gómez después de la unión con la quebrada San Isidro. Fuente: UNISANGIL, 2015.



Fig. 3 Red Jama quebrada La Gómez antes de la unión con la quebrada Mojahuevos. Fuente: Unisangil, 2016.

2) *Análisis en el laboratorio.* Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo por cada red de captura utilizada:

Análisis cualitativo. Se realizó la identificación taxonómica de cada individuo estableciendo el orden, y la familia y se clasificó la especie según el morfotipo encontrado. Se utilizaron las claves taxonómicas del libro “Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos” [8] y el libro “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia” [1].

Análisis cuantitativo. Se cuantificaron los morfotipos encontrados por red de captura, con el fin de establecer la abundancia y calcular los índices de diversidad y biológicos.

Del análisis cualitativo y cuantitativo en las cuatro campañas de monitoreo se obtuvieron los siguientes resultados que se observan a continuación en la Tabla 1.

TABLA 1. RESULTADOS ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Campaña	N° de individuos	N° de familias
Primera (abril-2015)	4.320	80
Segunda (julio-2015)	5.644	59
Tercera (noviembre-2015)	8.210	59
Cuarta (enero-2016)	11.534	60

Fuente: Unisangil, 2016.

En el período lluvioso correspondiente a la primera y segunda campaña, se colectaron 9.964 individuos, y en el período seco correspondiente a la tercera y cuarta campaña se colectaron 19.744 individuos respectivamente. Los resultados del análisis cualitativo están expresados en los índices biológicos BMWP [1], de diversidad e IVI [7], que se muestran a continuación.

3) *Análisis e interpretación de los índices de diversidad y biológicos.*

Índice BMWP: Para la determinación de la calidad del agua se consideró el índice cualitativo BMWP; se aplicaron puntajes asignados para las diferentes familias de

macroinvertebrados registrados y el significado ambiental fue representado por los valores de este índice, clasificándola en una de cinco clases [5]. El estado ecosistémico se interpreta de la siguiente manera según el índice BMWP (ver Tabla 2).

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS, SIGNIFICADO ECOLÓGICO DE ACUERDO CON EL ÍNDICE BMWP/COL Y COLORES PARA REPRESENTACIONES CARTOGRÁFICAS [9]

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150 101-120	Agua muy limpia Agua no contaminada	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencia efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Agua moderadamente contaminada	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Agua muy contaminada	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Agua fuertemente contaminada, situación crítica.	Rojo

Según la clasificación de la calidad del agua en el índice BMWP, en las cuatro campañas de monitoreo el 38,87% de los cuarenta puntos, presentan calidad de agua buena, en el 28,77% la calidad del agua es aceptable, el 21,58% presenta calidad de agua dudosa, el 9,5%, la calidad de agua es crítica, y tan sólo el 1,28% presenta calidad de agua muy crítica.

Índice de valor de importancia ecológica de la especie (IVI): con éste índice se compactó información sobre las variaciones y la importancia de una especie en un amplio rango geográfico en una serie de tiempo [7], el resultado señala, que, las familias más representativas en el año hidrológico fueron: Chironomidae, Veliidae, Gerridae, Notonectidae y Leptophlebiidae, familias en las cuales su índice de valor importancia ecológica estuvo en un rango del 5% al 26% según su frecuencia y abundancia.

Índices de diversidad: Los siguientes rangos permiten valorar la calidad ecosistémica: para índice Shannon-Weaver [2], el valor máximo para las comunidades es de 4,5 (muy bueno) y valores inferiores a 2,4 o 2,5 indican que el sistema está sometido a tensión (malo), para el índice Simpson-Gini [4], los valores oscilan entre 0 y 1, valores inferiores a 0,2 indican una calidad muy buena del agua, mientras que, si la valoración supera el 0,6, la calidad del agua será deficiente o mala, para Pielou [3], su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (muy bueno) [5].

Considerando lo enunciado, para las cuatro campañas realizadas, los índices de diversidad arrojaron valores muy buenos en un 19,47% de los puntos, buenos en un 42,17% y malos en un 38,36%, lo que indica que en general el 61,64% de los puntos tienen índices de diversidad buenos o muy

buenos, y se pudo inferir que en general hay un equilibrio en el sistema y no está en condiciones críticas.

C. Fase 3. Análisis de la información hidrobiológica para la corriente principal La Gómez

El análisis de la información se realizó a la corriente principal La Gómez mediante análisis gráfico del BMWP por tramos, para establecer la relación entre el recurso hídrico y agentes externos relacionados al mismo. A continuación, se muestra el análisis gráfico correspondiente a la segunda campaña de monitoreo realizada en época lluviosa, donde se

observó mayor variación de la calidad del agua y de la diversidad biológica.

Los tramos se determinaron bajo los siguientes criterios: localización, actividad antrópica, agrícola, industrial, o por diferentes factores de influencia en ciertos puntos de la corriente principal, dando como resultado un total de 5 tramos que se muestran a continuación, con sus respectivos puntos, características, y la calidad del agua que se presentó en cada tramo (ver Figura 4).

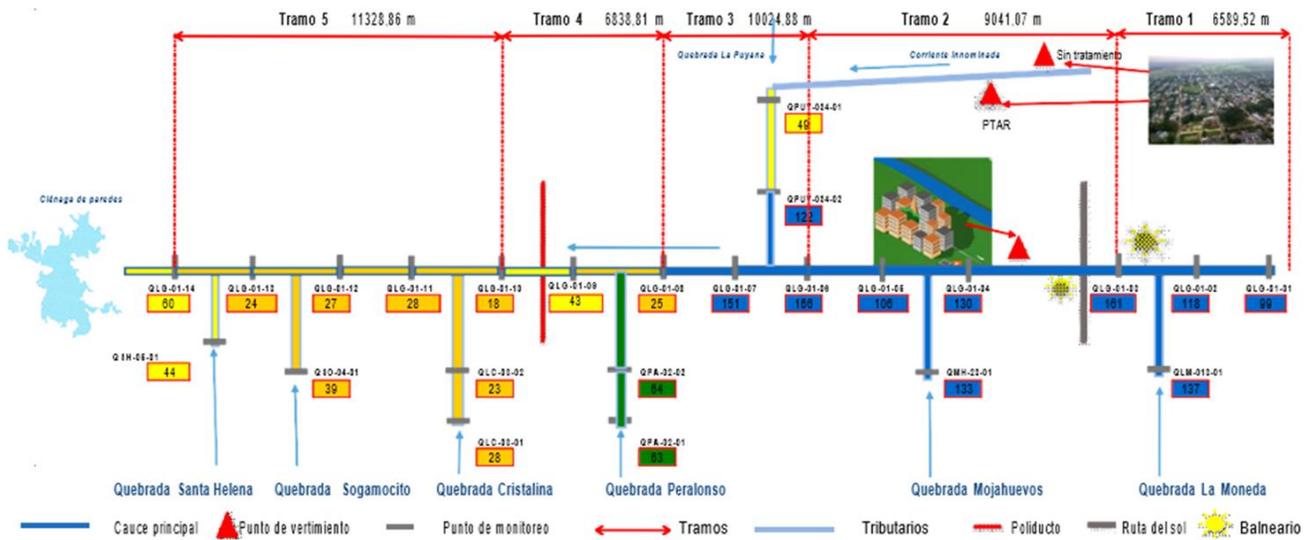


Fig. 4 Diagrama de la Subcuenca La Gómez, segunda campaña. Fuente: Unisangil, 2016.

Tramo 1: Se encuentran los puntos QLG-01-01 y QLG-01-02 de la quebrada San Isidro la cual abastece el acueducto municipal del municipio de Sabana de Torres. En este tramo se evidencia los efectos de la contaminación en el primer punto San Isidro (QLG- 01-01) y se recupera la calidad del agua en la parte final de la quebrada (QLG-01-02) siendo ésta, calidad buena.

Tramo 2: Se encuentran los puntos QLG-01-03, QLG-01-04, QLG-01-05, QLG-01-06, QMH-023-01 y QLM-013-01. En estos puntos hay zonas recreacionales asociadas al cuerpo hídrico (balnearios), además tiene dos llegadas importantes: la quebrada La Moneda y la quebrada Mojahuevos, la cual puede presentar vertidos por parte de las empresas extractoras de palma de aceite. En este tramo los puntos monitoreados presentan calidad de agua buena, limpia no contaminada.

Tramo 3: Se encuentran los puntos QLG-01-07, QLG-01-08, QPUY-034-01 y QPUY-034-02, en este tramo se presenta el vertimiento de la PTAR del municipio de Sabana de Torres a la quebrada la Puyana. Como resultado se presentó calidad

del agua crítica en QLG-01-08 con agua muy contaminada, al igual que en QPUY-034-01 donde la calidad del agua es dudosa, moderadamente contaminada.

Tramo 4: Se encuentran los puntos QLG-01-09 y QLG-01-10. En este tramo el criterio principal a tener en cuenta fue la presencia del poliducto. La calidad del agua en los puntos de este tramo es dudosa y crítica, con aguas muy contaminadas en QLG-01-10.

Tramo 5: En este tramo se encuentran los afluentes que aportan de forma significativa a la corriente principal tales como: QPA-02-01, QPA-02-02, QLG- 01-09, QLG-01-10, QLG-01-11, QLC-03-01, QLC-03-02, QLG-01-12, QLG-01-13, QSO-05-01, QSH-06-01 y QLG-01-14 terminando en la desembocadura con la ciénaga. Como se puede observar en el diagrama, en todos los puntos que pertenecen al tramo se evidencia la contaminación, en donde dos de ellos QPA-02-01 y QPA-02-02 la calidad del agua es aceptable, sin embargo, hay cierta contaminación afectando las corrientes.

Los puntos de la quebrada Santa Helena, La Sogamocito antes de La Gómez y La Gómez antes de la ciénaga, son quebradas donde es dudosa la calidad del agua, moderadamente contaminadas. Los puntos del tramo donde el agua es muy contaminada están ubicados en la quebrada La Cristalina intermedio, La Cristalina antes de La Gómez, La Gómez después de La Cristalina, La Gómez antes de La Sogamocito, y La Gómez después de La Sogamocito donde la puntuación BMWP en estas quebradas es muy bajo.

Validación análisis estadístico: Se realizó análisis de estadística descriptiva mediante correlaciones canónicas; se buscó identificar y cuantificar las asociaciones lineales entre dos grupos de variables. Este análisis se enfoca en la correlación entre combinaciones lineales pertenecientes a los grupos de variables analizadas [8]. Las correlaciones se leen en términos de cuánto una variable se expresa en la otra en porcentajes, de acuerdo con un coeficiente de determinación calculado.

Desde el punto de vista estadístico, considerando los coeficientes de determinación de las variables que se analizaron se demuestra que las variables bióticas presentan correlaciones significativas negativas que se explican entre sí y que su comportamiento no se explica significativamente en variables de otra naturaleza. En la mayoría de las correlaciones significativas positivas, sin embargo, se debe buscar en variables físicas, químicas y microbiológicas, la explicación de lo que sucede con las variables bióticas. En las cuatro campañas de monitoreo las correlaciones que incidieron fueron las siguientes:

TABLA 2. CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS NEGATIVAS

Campaña	Var.Relacionadas	Coef.Deter. (%)
Primera	M-ISG-J - M-ISW-J	-90,17
Segunda	M-ISG-J - M-ISW-J	-88,53
Tercera	M-ISG-J - M-ISW-J	-89,76
Cuarta	M-ISG-J - M-ISW-J	-90,07

TABLA 3. CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS POSITIVAS

Campaña	Var.Relacionadas	Coef.Deter. (%)
Primera	M-BMWP - M-ISW-D	26,21
Segunda	M-BMWP - M-ISW-D	79,96
Tercera	M-BMWP - M-ISW-D	31,31
Cuarta	M-BMWP - M-ISW-D	35,49

Fuente: Unisangil, 2016.

IV. CONCLUSIONES

El protocolo diseñado permitió establecer criterios técnicos, metodológicos y analíticos, para obtener información relevante y útil de la comunidad biótica de macroinvertebrados en la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes.

En términos generales el estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y ciénaga de Paredes determinado por análisis hidrobiológico de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos según el índice BMWP es aceptable y los índices de diversidad biológica obtenidos, informan sobre condiciones de buena calidad del ecosistema para el desarrollo de la diversidad biológica, a pesar de la presencia de algunos factores de presión que podrían degradarlo.

En el análisis a nivel de subcuenca, la calidad del agua por hidrobiología varía según la época del año en la que se realizó el monitoreo, por lo cual, se deben establecer diferentes medidas de conservación y gestión ambiental para cada tramo estudiado y cada época.

En el análisis a nivel de tramos de la quebrada La Gómez, se evidencia mayor tensión en el sistema en los tramos 4 y 5 de un total de 5 tramos, debido a posibles factores externos que ejercen presión en la corriente hídrica alterando la calidad del agua, lo cual se ve reflejado en variaciones en el ciclo de vida o desarrollo de los macroinvertebrados.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis de los datos, en las correlaciones significativas negativas, permite concluir, que las variables bióticas se explican entre sí y que su comportamiento no se explica significativamente en otras variables diferentes a las correlacionadas. Sin embargo, en la mayoría de las correlaciones significativas positivas se debe buscar en variables físicas, químicas y microbiológicas la explicación de lo que sucede con las variables bióticas.

Este estudio ofrece las bases de referencia para el ordenamiento del recurso hídrico en la subcuenca de la quebrada La Gómez, para la comparación con estudios fisicoquímicos y microbiológicos, y para definir el tipo de uso en los diferentes tramos y las restricciones legales necesarias a implementar en la subcuenca.

REFERENCIAS

- [1] 1] P. G. Roldán, *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Antioquia: Fondo Fen Colombia. 1988.
- [2] C. Shannon, y W. Weaver, (1949). The mathematical theory of communication. [En línea]. Disponible en: <http://www.magmamater.cl/MathComm.pdf>
- [3] Pielou, E. C. An introduction to mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York 1969. VIII + 286 S., 32 Abb., Preis 140 sd. oi: 10.1002/bimj.19710130308
- [4] E. Simpson, (1949). Measurement of diversity. Nature, 163, (163-688).
- [5] D. Vergara. Entomofauna lótica bioindicadora de la calidad del agua. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2009.
- [6] Novoa, et al. El índice de valor de importancia de especies forestales en base a unidades ecológicas de un bosque tropical. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 2005.
- [7] E. Domínguez, y H. R Fernández. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Tucumán: Fundación Miguel Lillo. 2009.
- [8] M. León y G. Zurita (2003). Análisis estadístico de algunas características del magisterio fiscal de la provincia de subcumbíos. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2216/1/4380.pdf>
- [9] G. Roldán. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. 2003.