



CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN UN SECTOR DE LA CUENCA MEDIA RÍO CESAR

Characterization of benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in a sector of the middle basin of the river Cesar

Alexander Vera Velásquez. Ingeniero Ambiental. Magíster en Gerencia Educativa. Instructor Sennova. SENA. Centro de Biotecnológico del Caribe. averav@sena.edu.co.

Ana Yulieth Díaz Orozco: Ingeniero Agroforestal. Instructor Sennova. SENA. Centro Agroempresarial Minero. aydiazo@sena.edu.co

RESUMEN

El uso de bioindicadores ofrece como ventaja la posibilidad de evaluar el estado ecológico en el que se encuentra un río en un momento

determinado y adicionalmente observar su evolución en el tiempo. Con este fin se utilizan organismos sensibles a los cambios que en su mayoría indican la presencia de

contaminantes o alteraciones en su ecosistema. Esta investigación tuvo como objetivo establecer la calidad del agua de la cuenca media del río Cesar mediante la implementación de índices biológicos como el Biological Monitoring Working Party (BMWP), con el fin de caracterizar macroinvertebrados acuáticos que permitieran evaluar las variables físico-bióticas de la misma. Para ello, se realizó un análisis espacial de la cuenca, estableciendo cuatro estaciones de muestreo a lo largo de la misma, ubicando dos antes, a 18 kilómetros de distancia con relación al punto de vertimiento de aguas residuales del municipio de Valledupar y dos después de dicho punto. Cada monitoreo fue acompañado por una muestra de agua integrada, en el que se determinaron parámetros físicos y químicos como pH, temperatura, conductividad, hierro total, entre otros. Los organismos bentónicos fueron capturados mediante la técnica Kick Sampling y depositados en frascos plásticos en una solución de alcohol al 70%. En la fase de laboratorio se realizó la caracterización taxonómica mediante la agrupación y determinación del número total de individuos pertenecientes a cada familia analizando abundancia, presencia y ausencia de índices ecológicos. Se obtuvo como resultado un registro total de 964 macroinvertebrados, pertenecientes a 3 Filum, 3 clases, 9 órdenes y 34 familias, en donde, la estación 3, ubicada después del vertimiento de aguas residuales, presentó un mayor número de individuos (521), mientras que la menor presencia total se encontró en estación 1, ubicada antes del vertimiento (46). Lo que indicó que en las dos primeras estaciones hay mejor calidad de agua que en las dos estaciones aguas abajo y que se deben implementar acciones de prevención y mejoramiento en las zonas de afectación.

Palabras claves: Bioindicadores, condición ecológica, diversidad biológica, índice biótico, macroinvertebrados.

ABSTRACT

The use of bioindicators offers the advantage of being able to assess the ecological status in which a river is at a given moment and additionally observe its evolution over time. To

this end, organisms sensitive to changes are used that Most of them indicate the presence of pollutants or alterations in their ecosystem. The objective of this research was to establish the water quality of the middle basin of the Cesar River through the implementation of biological indices such as the Biological Monitoring Working Party (BMWP), in order to characterize aquatic macroinvertebrates that would allow evaluating the physical-biotic variables of the basin. same. For this, a spatial analysis of the basin was carried out, establishing four sampling stations along it, locating two before, 18 kilometers away from the wastewater discharge point of the municipality of Valledupar and two after said point. Each monitoring was accompanied by an integrated water sample, in which physical and chemical parameters such as pH, temperature, conductivity, total iron, among others, were determined. The benthic organisms were captured using the Kick Sampling technique and deposited in plastic bottles in a 70% alcohol solution. In the laboratory phase, the taxonomic characterization was carried out by grouping and determining the total number of individuals belonging to each family, analyzing abundance, presence and absence of ecological indices. As a result, a total record of 964 macroinvertebrates was obtained, belonging to 3 Philum, 3 classes, 9 orders and 34 families, where station 3, located after the discharge of wastewater, presented a greater number of individuals (521), while the lowest total presence was found in station 1, located before the dumping (46). This indicated that in the first two stations there is better water quality than in the two downstream stations and that prevention and improvement actions must be implemented in the affected areas.

Key words: Bioindicators, ecological condition, biological diversity, biotic index, macroinvertebrates.

INTRODUCCION

El río Cesar, que recorre 280 km entre los departamentos de La Guajira y el Cesar, junto a sus afluentes conforma una cuenca que se encuentra localizada al sureste de la Sierra

Nevada de Santa Marta y al occidente de la Serranía de Perijá con una extensión aproximada de 1.776.900 hectáreas. El río ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades ribereñas, debido a que en torno a este se realizan casi todas las actividades económicas importantes de la zona, como son la agricultura, la pesca, la explotación de material de arrastre y la ganadería. Sin embargo, llevar a cabo dichas actividades sin la debida precaución o mesura ha causado daños al ecosistema de esta fuente natural de agua (Banco de la Republica, 2013). Por ello, se han implementado estrategias que permitan evaluar las condiciones actuales de los ríos y que estas brinden herramientas para la ejecución de proyectos en pro del bienestar eco sistémico de los mismos.

Cabe resaltar que no simplemente la contaminación antrópica influye en la distribución y crecimiento de las especies, por lo que se deben considerar factores climáticos, geográficos y simbióticos que alteran una comunidad. Por ello, esta investigación permitió evaluar el deterioro ambiental que ha sufrido un tramo del ecosistema del río Cesar, mediante la selección de una comunidad bioindicadora de calidad de agua, como lo son los macroinvertebrados que habitan en ella y el conocimiento previo de la biota que caracteriza la zona de estudio, además de la determinación de las características físicas, químicas y biológicas que se presentan en dichos cuerpos de agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente, se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados

en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. (Roldan, G. 2016)

Si bien es cierto, que en Colombia también los estudios de calidad de agua se han basado históricamente en la caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, el biomonitoreo mediante el uso de los macroinvertebrados ofrecen diversas ventajas y amplia distribución, adaptación a diferentes variables físico-bióticas, simplicidad metodológica, rapidez de los resultados y una retrospectiva a los eventos de contaminación.

El desarrollo de este estudio permitió analizar la distribución espacial de la macro fauna bentónica en cuatro puntos de muestreo en un sector de la cuenca media del río Cesar, caracterizar los macroinvertebrados bentónicos mediante limpieza y separación de los organismos hasta la mínima resolución taxonómica capturados en la cuenca, así como caracterizar los parámetros físico-químicos de muestras de agua recolectadas y finalmente evaluar la calidad de las aguas mediante la determinación de los parámetros biológicos de riqueza de especies de Margalef (R), diversidad biológica de Shannon – Wiener (H') y Uniformidad de Hill.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el departamento del Cesar, concretamente en la cuenca media del río Cesar, que abarca desde la zona norte del municipio de Valledupar en el corregimiento de Guacoeche, siendo esta la estación de muestreo número 1, pasando por el centro de formación biotecnológico del caribe (CBC), siendo la estación 2, el corregimiento de las Pitillas, municipio de San Diego, estación 3 y finalizando en el corregimiento de Guaimaral, municipio de Chiriguana denominada estación 4.

Los 8 muestreos se realizaron en periodos de transición de lluvias y de sequias teniendo en cuenta los registros pluviométricos históricos, en los respectivos meses de aguas bajas (febrero y junio de 2019) y aguas altas (abril y

octubre de 2019).

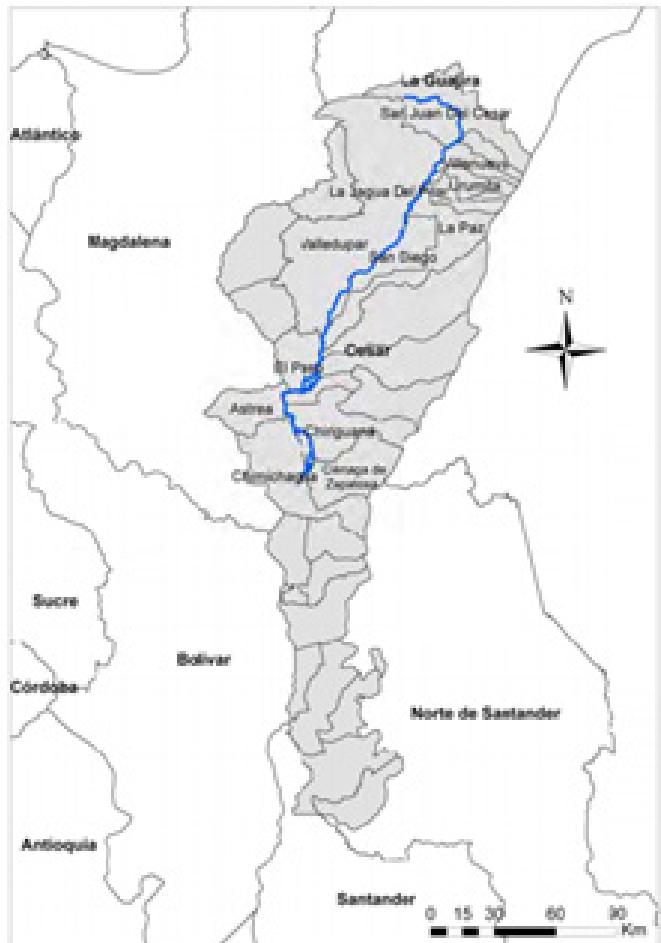


Fig. 1 Río Cesar y su recorrido desde el sur de la Guajira hasta la Ciénaga de Zapotosa.
Fuente: Guzmán, 2013

Para la caracterización de la calidad del agua de la cuenca media del río Cesar se tomaron 4 estaciones, cuyo nombre y ubicación se indican en la siguiente tabla:

ESTACIONES DE MUESTREO	UBICACIÓN
Estación 1-Guacoche	10.492146, -73.165183
Estación 2-CBC	10° 23 52" -73° 13 10"
Estación 3- Las Pitillas	10° 19 43"N -73° 14 35" W
Estación 4- Guaimaral	NA

Tabla 1 Estaciones de muestreo y su ubicación.
Fuente: Elaboración propia

La investigación se desarrolló en dos fases una de campo y una de laboratorio,

Fase de campo: Consistió en el análisis espacial de la cuenca media del río Cesar, en el cual se establecen los factores climáticos, geográficos y simbióticos de la zona de estudio, en donde a) se establecieron las 4

estaciones de muestreo, b) se identificó las zonas para las muestras de agua y su caracterización físico-química, c) captura de macroinvertebrados utilizando la técnica de Kick sampling, con una red Surber a lo largo de 100 metros, estos se depositaron en frascos plásticos debidamente rotulados en una solución de alcohol al 70% para su preservación. d) Toma de muestras de agua para caracterización físico-química in situ (oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad, turbiedad) con el equipo sonda Multiparametro Consort C5020 – Maser.

Fase de laboratorio: Esta fase se desarrollaron las actividades que permitían determinar la calidad de las aguas de acuerdo a los bioindicadores: a) limpieza y separación de los organismos mediante un estereoscopio marca LEICA zoom de 2000 y microscopio, con los objetivos 10X y 40X caracterizándolos al nivel taxonómico posible, llevando a cabo su identificación, a nivel de familia y de género teniendo en cuenta las claves y descripciones establecidas por Roldán (1996). b) análisis de los macro invertebrados se realiza mediante el cálculo del índice biótico de las familias, mediante la agrupación de los organismos y la determinación del número total de individuos pertenecientes a cada familia.

Análisis de datos

Se analiza la abundancia, presencia – ausencia y la aplicación de los índices ecológicos de Margalef (ecuación 1), diversidad de Shannon-Wiener (ecuación 2), dominancia de Simpson (ecuación 3) y la uniformidad de Hill (ecuación 4)

Ecuación 1

$$d = \frac{S-1}{\ln N}$$
 dónde: S= número de taxones N = número total de individuos

Ecuación 2

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$
 dónde: P_i = abundancia relativa del taxón i

Ecuación 3

$$D = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$
 dónde: n_i = número total de individuos del taxón i

Ecuación 4

$$N21 = \frac{N2}{N1}$$
 dónde: N2 y N1= son los números de Hill, $N1 = \exp(H')$ y $N2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$

Los datos de composición y abundancia por taxón fueron tabulados y se calcularon los valores de abundancia relativa (% Ar) por estación (ecuación 5).

Ecuación 5

$$\% Ar = \frac{\# \text{ individuos de un taxón}}{\# \text{ total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Se graficaron curvas de K-dominancia que permiten discernir entre ecosistemas con mayor o menor perturbación, donde la curva más pronunciada y más elevada muestra la diversidad más baja y el estado del sistema más perturbado (Lambhead et al., 1983); para lo cual se grafica el porcentaje de dominancia acumulada en términos de abundancia relativa (eje Y) versus el rango creciente de las especies o taxones (eje X), este último en escala logarítmica (Clarke and Gorley 2006).

Se realizó un análisis de agrupamiento (Cluster), basado en la composición y abundancia de taxones, para esto se empleó el método de agrupamiento promedio (Group average). El análisis se realizó a partir de una matriz de similaridad de Bray-Curtis, con previa transformación logarítmica (LogX+1) de los valores de abundancia relativa, que permite disminuir el sesgo de las estaciones con taxones extremadamente abundantes. Para obtener evidencia estadísticamente significativa de genuinos agrupamientos en el Dendograma generado, se empleó la prueba de perfil de similaridad basada en permutaciones (SIMPROF), este análisis busca patrones multivariados en las muestras de cada nodo del Dendograma, permitiendo subdividir el agrupamiento entre grupos significativamente diferenciados. Finalmente, para evaluar cuáles son las especies que contribuyen con la separación entre los grupos generados por el análisis de agrupamiento. Todos los análisis fueron realizados con el programa PRIMER 6.1.13 and PERMANOVA 1.0.3 (Clarke and Gorley 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Macroinvertebrados acuáticos

Se registraron un total de 968 macroinvertebrados, pertenecientes a 3 Filum, 3 clases, 9 órdenes y 34 familias; de estos el mejor representado fue el coleoptera con 9 familias para un 24%, seguido del

hemiptera con 7 familia para un 19% (Tabla 2 y figura 2).

La estación las pitillas-3 presentó un mayor número de individuos (521), mientras que la menor abundancia total se encontró en Guacoeche-1 (46). El taxón con mayor abundancia relativa (% Ar) fue tenagobia del orden hemiptera con 84,64 % y 53,85 % en Guaimaral-4, seguido por beatidae sp1 con 43,48 % para la estación Guacoeche-1 y la chironominae con 29.56% en la estación CBC. (Tabla 2).

PHILLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO
ARTROPODA	INSECTA	DIPTERA	Ceratopogonidae	Sp1
			Chironomidae	Chironominae
				Othocladinae
				Tanypodinae
			Ephydriidae	Sp1
			Culicidae	Aedeomya
			Muscidae	Sp1
		COLEOPTERA	Culicidae	Aedeomya
			Hydrophilidae	Tropisternus
				Sp1
			Elmidae	Bisersus
			Staphylinidae	Sp1
				Sp1
			Scirtidae	Cyphon
Hydraenidae	Sp1			
			Gyrinidae	Sp1
			Noteridae	Sp1
			Dytiscidae	Sp1
		EPHEMEROPTERA	Beatidae	Baetodes
				Baetis
			Tricorythidae	Tricorythodes
				Leptohyphes
			Leptophlebiidae	Thraulodes
				Terpides
			Caenidae	Caenis
			Gamphidae	Sp1
		Scirtidae	sp1	
		HEMIPTERA	Naucoridae	Limnocoris
				Heleocoris
				Ambrisus
			Corixidae	Tenagobia
			Gerridae	Tropobates
			Veliidae	Rhagovelia
			Belostomatidae	Belostoma
			Pleidae	Neoplea
			Notonectidae	Sp1
			ODONATA	Coenagrionidae
Libellulidae	Macrothemis			
Gomphidae	Phyllogomphoides			
TRICOPTERA	Leptoceridae	Nectopsyche		
		Atanatolica		
	Malacostraca	Decapodos	Palaemonidae	Sp1
Mollusca	Gastropodo	Basommatophora	Planorbidae	Sp1
Anelida		Oligochaeta	Tubificidae	Sp1

Tabla 2 Macroinvertebrados acuáticos encontrados en las estaciones de la cuenca media del río Cesar.

Fuente: Autores

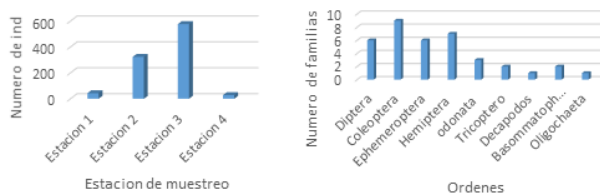


Fig. 2 Abundancia de macroinvertebrado por estación de Monitoreo y órdenes

Fuente: Elaboración propia

La mayor riqueza y diversidad se encontró en la estación CBC-2, esto se ve reflejado en los valores de riqueza total y en los índices de riqueza, las estaciones 1,3 y 4 indican zonas de baja biodiversidad ya que sus valores están por debajo de 2.0, como lo indica Margalef y diversidad de Shannon-Wiener; mientras que la estación Guacocoche-1, mostró los valores más bajos para estos índices (Tabla 3). La mayor dominancia se encontró en Las Pitillas-3, esto se debe a la alta abundancia del género *Tenegobia*, mientras que las demás estaciones muestran valores relativamente bajos de dominancia; por otro lado, el índice de uniformidad de Hill fue similar entre las estaciones CBC-2 y Las Pitillas-3, su valor máximo se registró en la estación Guacocoche-1, lo que refleja que las abundancias de los taxones en esta estación se distribuyeron más equitativamente (Tabla 4).

Estación	S	d	H'(loge)	D	N21
Guacocoche-1	10	2,35	1,68	0,27	0,70
CBC-2	31	5,21	2,36	0,15	0,62
Las Pitillas-3	20	3,04	0,73	0,73	0,66
Guaimaral-4	13	2,75	1,60	0,34	0,60

Tabla 3 Índices biológicos por estación de muestreo en un sector de la cuenca media del río Cesar, Colombia
Fuente: Elaboración propia

S= riqueza total, d= índice de riqueza de Margalef, H'= índice de diversidad de Shannon-Wiener, D= dominancia de Simpson y N21= uniformidad de Hill.

Taxones	Guacocoche-1		CBC-2		Las Pitillas-3		Guaimaral-4	
	Abund.	% Ar	Abund.	% Ar	Abund.	% Ar	Abund.	% Ar
Ceratopogonidae sp1	5	10,87	0	0,00	1	0,19	0	0,00
Beetidae sp1	20	43,48	31	9,75	0	0,00	0	0,00
Naucoreidae sp1	1	2,17	0	0,00	1	0,19	0	0,00
Leptothyrpes sp1	2	4,35	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Baetidae sp2	1	2,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Tenagobia sp1	1	2,17	0	0,00	441	84,97	42	53,85
Coenagrionidae sp1	1	2,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Beatis sp1	11	23,91	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Gerridae sp2	3	6,52	0	0,00	2	0,39	0	0,00
Gerridae sp1	1	2,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Terpidae sp1	0	0,00	5	1,57	0	0,00	1	1,28
Caenis sp1	0	0,00	5	1,57	0	0,00	0	0,00
Rhagovelia sp1	0	0,00	3	0,94	1	0,19	0	0,00
Tricorythodes sp1	0	0,00	61	19,18	0	0,00	0	0,00
Baethodes sp1	0	0,00	31	9,75	0	0,00	0	0,00
Gamphidae sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Hydrophilidae sp1	0	0,00	4	1,26	3	0,58	0	0,00
Thraulodes sp1	0	0,00	4	1,26	0	0,00	0	0,00
Tanyptaridae sp1	0	0,00	17	5,35	19	3,66	2	2,56
Elmidae sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Argia sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Ephyrinae sp1	0	0,00	1	0,31	1	0,19	0	0,00
Staphylinidae sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Chironominae sp1	0	0,00	94	29,56	0	0,00	0	0,00
Dytiscidae sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Hydrophilidae sp2	0	0,00	3	0,94	0	0,00	0	0,00
Hydrophilidae sp3	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Hydraenidae sp3	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Culicidae sp1	0	0,00	2	0,63	0	0,00	0	0,00
Ambrysus sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00
Chironominae sp2	0	0,00	11	3,46	0	0,00	0	0,00
Limnecuris sp1	0	0,00	1	0,31	1	0,19	0	0,00
Muscide sp1	0	0,00	1	0,31	0	0,00	0	0,00

Tabla 4 Abundancia (Abund.) y abundancia relativa (% Ar) de macroinvertebrados en cuatro estaciones de muestreo.
Fuente: Elaboración propia

Con relación al estado de perturbación de cada una de las estaciones, en las curvas de K-dominancia (Figura 3, se observan que el sistema con mayor grado de perturbación es la estación Las Pitillas-3, mientras que CBC-2 mostró la tendencia contraria.

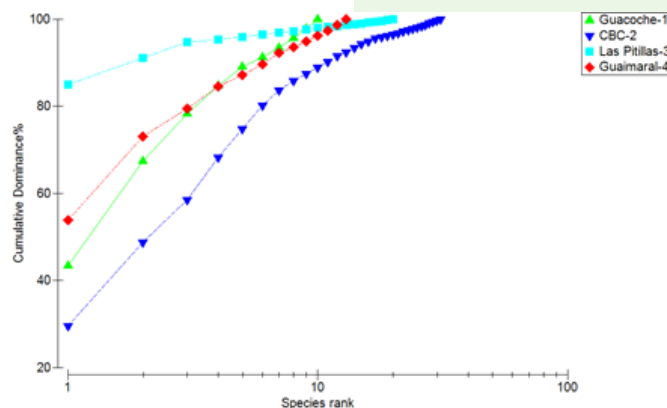


Fig. 3 Curvas de K-dominancia por estación
Fuente: Elaboración propia

En el análisis de agrupamiento (Figura 4), se puede observar que las estaciones Las Pitillas-3 y Guaimaral-4 fueron las más similares en cuanto a composición y abundancia, sin embargo, la prueba de SIMPROF no permitió detectar diferencias significativas entre las estaciones ($P>0,05$).

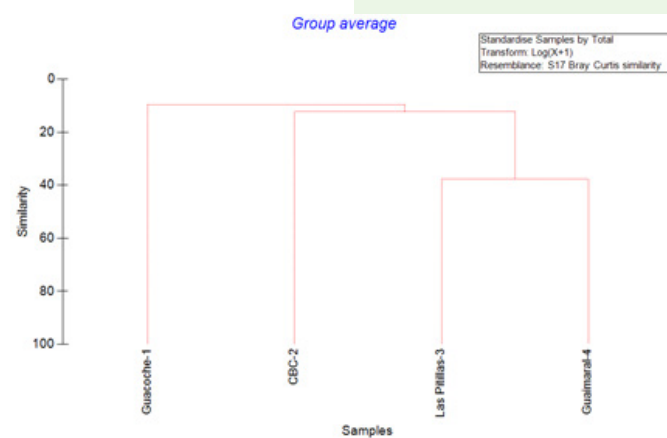


Fig. 4 Dendrograma del análisis de agrupamiento de las estaciones, a partir de una matriz de Bray-Curtis
Fuente: Elaboración propia

Índice BMWP

Para el índice BMWP de las estaciones de muestreo se presenta la estación 2, con agua de calidad buena de color azul, esto significa que sus aguas no son contaminadas o no alteradas de modo sensible, mientras que las

estaciones 1, 3 y 4, presentan aguas de clase III de color amarillo; esto significa que estas estaciones presentan aguas contaminada (Tabla 5).

Estación	Valor	Clase	Calidad	Color
Estación 1- Guacoche	40	III	Dudosa	
Estación 2- CBC	108	II	Buena	
Estación 3- Las Pitillas	54	III	Dudosa	
Estación 4- Guaimaral	43	III	Dudosa	

Tabla 5 ÍBMWP, en las estaciones de la cuenca media del Río Cesar.

Fuente: Elaboración propia

Parámetros físicos y químicos

Los resultados fisicoquímicos de la estación 1-Guacoche, son valores típicos de un agua natural en buenas condiciones, manteniendo una temperatura y pH estable, una turbiedad y una cantidad de solidos totales acordes a las lluvias presentadas los días anteriores al muestreo. La cantidad de hierro total es baja, proveniente principal de los sedimentos naturales del río.

Para la estación 2-CBC los resultados consignados indican que la calidad del agua del río cesar en esta estación es buena, manteniendo un pH neutro y una temperatura ambiente de 20°C. En la estación 3-Las Pitillas, los resultados obtenidos, demuestran una calidad del agua baja, en comparación con la estación anterior hubo una fuerte caída del pH, la conductividad y de la temperatura, así mismo se evidencia gran presencia de sólidos suspendidos en el agua, en esta estación se analizó el contenido de hierro total expresado en mg/L, obteniendo una elevada concentración de este contaminante; en base a estos resultados podemos deducir que el vertimiento realizado por la PTAR el salguero en el río Cesar, si genera una pérdida de la calidad del agua de este.

En la estación 4 Guaimaral, los resultados demuestran la capacidad que tiene el río cesar para auto-depurarse, ya que logra alcanzar un pH neutro y en gran medida diluir el contenido de hierro total y de solidos suspendidos

obteniendo resultados similares al de la estación #1 ubicada antes del punto de vertimiento del río Cesar (Tabla 6 y Figuras 5).

Parámetros	Símbolo	Estación 1- Guacoche	Estación 2- CBC	Estación 3- Las Pitillas	Estación 4- Guaimaral
pH	--	6,8	7,2	1,8	6,5
Temperatura	°C	25	20,5	12,9	14,3
Conductividad	uS/cm	140	225,7	2,7	176
SST	g/L	100	118	7,2	92
Turbiedad	UNT	220	280	326,7	245
Hierro Total	mg/L	60		780	468

Tabla 6 Parámetros Físico químicos en las estaciones de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

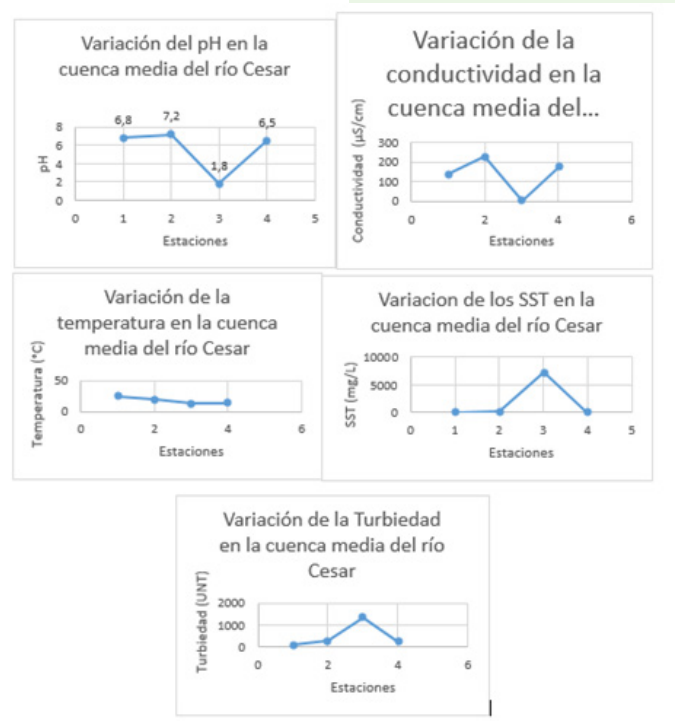


Fig. 5 Representación gráfica de los resultados de los parámetros físicos químicos en las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos nos permiten inferir que la estación 2-CBC presenta la mejor calidad de agua, tanto en los parámetros biológicos como físicos y químicos existe una coincidencia en resultados, ya que en esta estación se presenta la mayor diversidad de organismos encontrados con relación a las demás estaciones. Por el contrario, en la estación número 3, se evidencia una alta perturbación de sus condiciones naturales, puesto que denota la mayor dominancia de organismos, indicando además que no todos son capaces de tolerar las condiciones a las cuales está siendo sometida. El índice BMWP arroja una estación de calidad dudosa muy

diferente a la anterior y en las variables físicas y químicas se observa un aumento considerable con respecto a las demás estaciones, lo que sin lugar a dudas se relaciona con el vertimiento de aguas residuales principalmente domésticas que se generan de las plantas de tratamiento el Salguero y Tarullal. Para la estación número 4-Guaimaral se aprecia una mejora mínima en los parámetros físicos y químicos, sin embargo, estos no son suficientes para un proceso de restablecimiento de las condiciones del agua.

En la estación 1- Guacoche; se evidenció la presencia del orden ephemeroptera, los cuales son indicadores de una buena calidad de agua, este orden ha sido considerado por muchos autores como uno de los más sensibles a la contaminación del agua, junto con plecoptera y trichoptera. Sin embargo, dentro del orden los diferentes géneros muestran una gran variedad de tolerancias a las condiciones ambientales como es el caso de las familias baetidae, caenidae y leptohyphidae, Sin embargo, ninguna especie de ephemeroptera puede sobrevivir niveles altos de contaminación (W. Flowers & c. de la rosa), esto nos indica que a pesar que la colecta no fue tan exitosa como se esperaba para la determinación del índice BMWP, los organismos colectados coinciden con los valores arrojados en la determinación de las variables físicas y químicas.

El índice BMWP obtenido coloca a las familias corixidae con un valor de 7 y a los chiromonidae con un valor de 2, sin embargo, para algunos autores estos organismos tienen un amplio rango de tolerancia a ambientes contaminados, lo que favorece su distribución. Al respecto Butakka et al. (2002), Fittkau (2001) y Moretto et al. (2002), señalan que las familias chironomidae y corixidae se caracterizan por estar presentes en ambientes contaminados por metales pesados, coincidiendo con lo reportado por los autores al registrarse en lagunas con elevados niveles de estos metales. De La Lanza-Espino et al. (2000) destaca en la familia chironomidae a organismos tolerantes a contaminación por materia orgánica e inorgánica a la subfamilia tanypodinae, orthocladiinae y chironomus sp.

Este estudio preliminar se convierte en un instrumento significativo para la determinación y planificación de actividades de mejora de las condiciones del agua en este afluente fundamental para la subsistencia de la comunidad cesareña, pero aún más importante es que los aprendices de los diferentes programas de formación del área ambiental pudieron generar nuevos conocimientos, fortalecer sus competencias y habilidades al conocer los diferentes métodos y técnicas que existen para la determinación de la calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco de la Republica (2013). El río Cesar. Documentos de trabajo sobre economía regional. Centro de estudios económicos regionales. Número 188. ISSN 1692-3715. Recuperado de : https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_188.pdf

Butakka C.M.M., Komatsu E.H. & Takeda A.M. (2002). Composição da fauna bentônica da lagoa Ventura, sistema rio Ivinhema, bacia do Alto Rio Parana (MS, PR). XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia: A Zoologia e os Ecossistemas Costeiros. Santa Catarina, Brazil

Clarke, K. & RN, Gorley. (2006). Primer v6:

User Manual/Tutorial.

De la Lanza E. G., J. Alcocer-Durand, J. L. Moreno-Ruiz y S. P. Hernández-Pulido. 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos Guerrero, México. Hidrobiológica 18 (1): 21-30. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v18n1/v18n1](http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v18n1/v18n1a3.pdf)

a3.pdf

Fittkau E.J. (2001). Amazonian Chironomidae (Diptera: Chironomidae): A contribution to chironomid research in the neotropics.

Amazoniana, 16, 313-324

Lamshead, P.J.D., Piatt, H.M. and Shaw, K.M. 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based

assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History* 17: 859-974.

Metcalf, J. (1989) Evaluación biológica de la calidad del agua de las aguas corrientes basada en comunidades de macroinvertebrados: historia y estado actual en Europa. *Contaminación ambiental*, 60, 101-139.
[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6)

Moretto Y., Takeda A.M. & Butaca C.M.M. 2002. Distribuição espacial de larvas de Chironomidae (Díptera) em seis diferentes ambientes da planície aluvial do Rio Paraná. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia: A Zoologia e os Ecossistemas Costeiros. Santa Catarina, Brazil

Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista De La Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales*, 40(155), 254-274. Recuperado de: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Roldan G, (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN



Aprendices SENA Centro Minero - Formación Técnica

Aprendices SENA Centro Minero - Tecnólogo en levantamientos topográficos y georreferenciación