

DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES BMWP/COL, (QBR), (IHF) E ICO EN VALLEDUPAR, COLOMBIA.

Jesús Ramón Herrera-Martínez¹, Breiner Andrés Navarro-Sining², Karina Paola Torres-Cervera³, Nicolás Martínez-García⁴, Adriana Royero-Ibarra⁵, Aleana Cahuana-Mojica⁶

¹Ingeniero Ambiental y Sanitario, Docente, Institución Educativa Octavio Daza Daza, jrherrera@unicesar.edu.co

²Ingeniero Ambiental y Sanitario, Analista de laboratorio ambiental, Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S, bandedresnavarro@unicesar.edu.co

³Msc. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Docente Universitario de ingeniería ambiental y sanitaria, Universidad Popular del Cesar, karinaptorres@unicesar.edu.co

⁴Msc. Ciencias y tecnologías Ambientales con énfasis en química ambiental, Docente Universitario de licenciatura de ciencias naturales y educación ambiental, Universidad Popular del Cesar, nicolasmartinez@unicesar.edu.co

⁵Msc. Sistema de gestión, Docente Universitario de ingeniería ambiental y sanitaria, Universidad Popular del Cesar, adrianaroyero@unicesar.edu.co

⁶Msc. Ciencias Ambientales, Docente Universitario de ingeniería ambiental y sanitaria, Universidad Popular del Cesar, aleanacahuana@unicesar.edu.co

RESUMEN

Se determinó la calidad ambiental del curso hídrico del río Guatapurí sobre el balneario Hurtado en los meses de diciembre de 2018 a junio de 2019, para ello, se utilizaron los índices QBR, IHF, BMWP/COL e índice de contaminación ICO evaluados en 3 tramos (aguas arriba – balneario – aguas abajo) en un trayecto de 1.387km durante las temporadas de lluvia y sequía. Los resultados obtenidos fueron correlacionados utilizando la metodología de Spearman. Los índices biológicos mostraron los siguientes resultados en el área de estudio; el BMWP/COL presentó calidad de agua muy limpias, en QBR presentó riberas con degradación extrema, IHF presentó hábitat acuático medianamente diverso y los parámetros físico químicos evaluados cumplieron parcialmente con la normatividad vigente para uso de agua. Los índices ICO evaluados mostraron relación entre fuerte y moderada con IHF, mientras que la relación con QBR fue moderada y BMWP/COL no fue aceptable.

Palabras clave: Calidad Ambiental, Índice de Bosque de Ribera (QBR), Índice de Hábitat Fluvial (IHF), Índice BMWP/COL, Índice de contaminación (ICO)

Recibido: 17 de febrero de 2022. Aceptado: 22 de abril de 2022

Received: February 17, 2022. Accepted: April 22, 2022

DETERMINATION OF THE BMWP/COL, (QBR), (IHF) AND ICO INDICES IN VALLEDUPAR, COLOMBIA.

ABSTRACT

The environmental quality of the water course of the Guatapurí river on the Hurtado health resort was determined in the months of December 2018 to June 2019, for this, the QBR, IHF, BMWP / COL and ICO contamination index evaluated in 3 sections were used (upstream – health resort - downstream) on a 1.387km path during the rainy and dry seasons. The results obtained were correlated using Spearman's methodology. The biological indexes showed the following results in the study area; The BMWP / COL presented very clean water quality, in QBR it presented riverside with extreme degradation, IHF presented a moderately diverse aquatic habitat and the physical chemical parameters evaluated partially complied with current regulations for water use. The ICO indices evaluated showed a relationship between strong and moderate with IHF, while the relationship with QBR was moderate and BMWP / COL was not acceptable.

Keywords: Environmental Quality, quality Forest riverside index (QBR), habitat river index (IHF), BMWP/COL Index, Pollution Index (ICO)

1. INTRODUCCIÓN

Colombia, al ser una país biodiverso catalogado por diferentes organizaciones internacionales, ha estado sufriendo una serie de problemáticas que logran de manera alguna, deteriorar la calidad ambiental definida como: “el conjunto de características que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que modifican sus condiciones para el aprovechamiento [1]”; la cual se ve afectada principalmente en los cursos hídricos de mayor importancia desde el punto de vista económico, ambiental y social del territorio, los cuales se ejemplifican los ríos Magdalena y Cauca que son recursos hídricos capaces de prestar todo tipo de servicios ecosistémicos; evidenciándose que, en su recorrido a lo largo del país, han sufrido de manera constante problemáticas ambientales en cuanto a su calidad debido a la progresiva demanda de estas zonas para el desarrollo de las actividades humanas sumado a una inadecuada planificación ambiental del territorio, la alta demanda de recursos y el incumplimiento de las normativas ambientales según el uso propuesto, han generado una presión sobre estos (agua y flora), que se manifiesta en problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, en donde se ha logrado intensos esfuerzos por disminuir estas problemáticas que afectan a todos; pero parece que lo que se hace es intensificar aún más la situación.

A nivel local, el balneario Hurtado perteneciente al río Guatapurí como principal atractivo turístico de la ciudad de Valledupar, está expuesto de manera constante a afectaciones en cuanto a su calidad ambiental previstas para su uso recreativo, debido al incremento de turistas que a lo largo del año visitan este lugar [2]. Lo anteriormente mencionado ha adquirido importancia con respecto a los impactos ambientales negativos que generan las actividades antropogénicas tales como el turismo y el comercio, han conllevado a un aumento progresivo de los residuos, acompañado de su mal manejo que puedan ser propensos a ser depositados tanto en el cauce del río como en las zonas ribereñas; lo que ocasionaría que alteren las características físico químicas tales como materia orgánica, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, pH, etc. de las zonas del río que son utilizadas por los bañistas.

Además; la presencia de ciertos sectores productivos primarios como fincas agrícolas y ganaderas aledañas inciden en cierta medida en la pérdida de las condiciones óptimas en cuanto a la calidad ambiental del balneario Hurtado por el aporte de microorganismo patógenos tales como coliformes fe-cales, que por acción de escorrentía se vierten al cauce; acompañado de las concesiones hídricas para sus distritos de riego, que logran de cierta manera alterar el equilibrio ecológico del sistema acuático afectando la biodiversidad de la zona.

¿Otro aspecto que influye en el equilibrio ecológico y por ende en la biodiversidad es la alteración de las características naturales que, en los últimos años ha sufrido el balneario Hurtado a través de construcciones civiles como gaviones que controlan la erosión, el parque lineal, las ciclo rutas, playas artificiales; así como las construcciones ilegales de playones para fines comerciales y económicos, lo que provoca la disminución del ancho del cauce natural y afectaciones en el bosque de ribera.

Ante las situaciones demarcadas dentro del problema, cabe destacar que, debido al poco control y estudios ambientales por parte de las autoridades competentes en esta zona, que permitan conocer la calidad del agua con fines recreacionales que debe de cumplir el balneario Hurtado con base al decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.3.9.7 del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible de Colombia; se ha de brindar un significado de mayor relevancia bajo el carácter ambiental a la situación planteada, que a su vez carece de una cultura ambiental de cuidado (preservación y conservación) de los visitantes y propios de la ciudad de Valledupar.

Como punto de desarrollo de este proyecto para determinar la calidad ambiental de balneario Hurtado del río Guatapurí; se pretende utilizar los aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona por medio del método de índice de Bosque de Ribera, que indica el diagnóstico de los principales problemas que afectan a las riberas, concretando las deficiencias observadas en la estructura y funcionamiento dinámico del sistema ripario [3]; así como el índice de Hábitat Fluvial que evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos

de heterogeneidad que contribuyen a incrementar la diversidad del hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono y autóctonos [4]; y por último el índice BMWP que establece el aprovechamiento de los macroinvertebrados acuáticos disponibles en la zona para determinar la calidad del agua [5]. Además, se complementó con el estudio de la calidad físico química y microbiológica de las aguas tales como alcalinidad total, conductividad, dureza total, dbo5, oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, fósforo, tensoactivos y compuestos fenólicos.

2. MATERIALES Y METODO

La ciudad de Valledupar se encuentra ubicada con coordenadas de 10o 29' de latitud Norte y 73o 15' de longitud Oeste en donde el río Guatapurí pasa por el norte de la ciudad; allí se encuentra el balneario Hurtado, principal lugar de recreación y diversión de la capital del Cesar, se encuentra localizado en la carrera 19, en la vía que de Valledupar conduce a Patilla. Visitantes propios y extraños se citan cada fin de semana en el atractivo turístico.

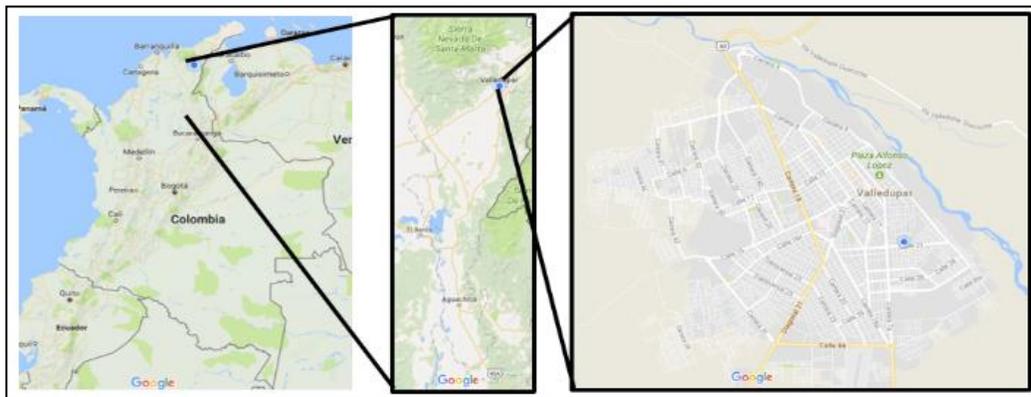


Figura 1. Área de estudio general (límite geográfico de Zona: Colombia – Cesar – Valledupar)

El río Guatapurí es un corto río de Colombia de la Costa Caribe, al norte del país, ubicado en el departamento del Cesar. Nace en la laguna Curigua, en la Sierra Nevada de Santa Marta, a 3.500 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de la ciudad de Valledupar. A lo largo de su curso recibe, entre otros, los ríos Donachuí, Curiba, Los Mangos y Mamanqueca. En un descenso de 80 km, sus aguas son vertidas en la capital del departamento del Cesar [2].

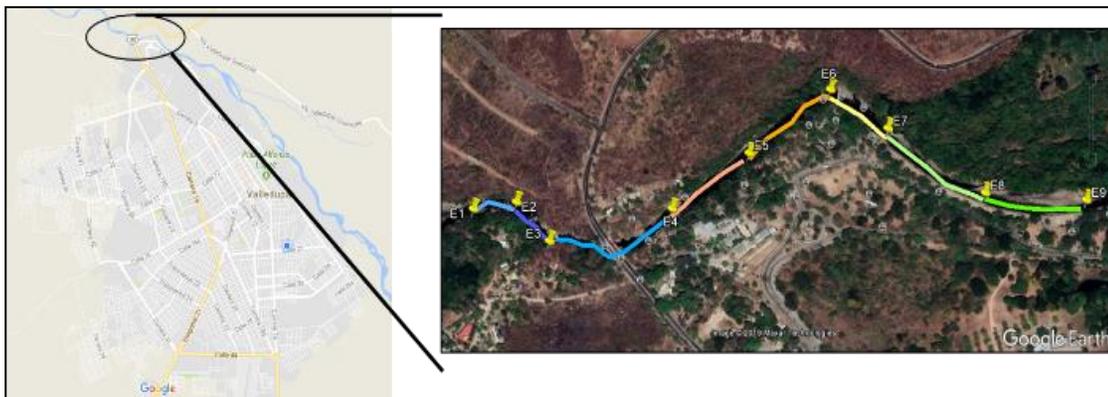


Figura 2. Área de estudio específica (balneario Hurtado)

2.1. Caracterización de la zona de estudio

El estudio se realizó en el río Guatapurí en Valledupar –Cesar, delimitado en tres tramos de la siguiente manera: Aguas arriba en relación al Balneario (comprendido por 0,320km), Balneario Hurtado (comprendido por 0,501km), y Aguas abajo (comprendido por 0,566km) con un trayecto total de 1.387 kilómetros, entre las temporadas de sequía y lluvias de diciembre de 2018 y mediados de junio del año 2019. Con base a la distancia del tramo de estudio y las perturbaciones más importantes desde el punto de vista antrópico de la zona de estudio, se ubicaron 9 estaciones de muestreo distribuidos a lo largo del curso hídrico:

Tabla 1. Estaciones de Muestreo en tramos del río Guatapurí

Estación	Coordenadas	Altura msnm
E1	10° 30' 9.34" N 73° 16' 25.46" O	199.00
E2	10° 30' 8.81" N 73° 16' 22.65" O	218.00
E3	10° 30' 5.96" N 73° 16' 21.37" O	227.00
E4	10° 30' 5.13" N 73° 16' 13.18" O	216.00
E5	10° 30' 6.58" N 73° 16' 7.32" O	211.00
E6	10° 30' 8.38" N 73° 16' 0.99" O	216.00
E7	10° 30' 4.98" N 73° 15' 58.15" O	195.00
E8	10° 29' 59.28" N 73° 15' 53.32" O	194.00
E9	10° 29' 56.69" N 73° 15' 47.08" O	193.00



Figura 3. Ubicación de las Estaciones de Muestreo en tramo de Balneario Hurtado (Río Guatapurí) vista satelital

2.2. Etapas de ejecución

2.2.1. ETAPA I: identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos y vegetación ribereña del curso hídrico del Balneario Hurtado – Río Guatapurí.

2.2.1.1. Recolección e identificación de macroinvertebrados

Se realizó un recorrido visual a lo largo de los tramos con el fin de identificar los diferentes hábitats presentes de acuerdo con la profundidad en el río, velocidad del agua, naturaleza del sustrato y presencia de vegetación acuática y de ribera [5]. A continuación de esto, se ejecutó el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos por el método Kikc-Sampling [6].

Los macroinvertebrados acuáticos fueron transportados en soluciones de etanol y glicerina 2:1 a los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar, donde se separaron y empleando un estereoscópico binocular, se cuantificaron e identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico (Phylum – clase – orden – familia) con la ayuda de claves taxonómicas e ilustraciones visuales [7]; [8]; [5].

Para esta fase se procedió como lo indica la guía de macroinvertebrados acuáticos del IDEAM, determinación taxonómica – conteo para el control de calidad [9].

2.2.1.2. Identificación de vegetación ribereña

La caracterización florística del bosque de ribera de los tramos a estudiar en el río Guatapurí fue establecida por censo con identificación taxonómica in situ, en áreas de muestreo de 500m² con transeptos paralelos de 50m de largo por 10 m de ancho separados por 2 metros, en cada tramo en ambos márgenes del río; a las cuales, se les realizó el análisis para su identificación hasta el nivel de especie, otras muestras fueron identificadas en laboratorio de la Universidad Popular del Cesar utilizando guías o manuales especializados para bosque seco tropical [10], [11] y el Manual de flora de Colombia del Instituto de Ciencias Naturales y Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia.

Todas las plantas enraizadas dentro del transepto y con diámetro a la altura del pecho (DAP) mínimo de 2.5 cm fueron censadas según lo establecido [12].

2.2.2. ETAPA II: determinación de los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo y compuestos fenólicos y tensoactivos) de muestras de agua extraídas en el curso hídrico del balneario.

Para la determinación de los parámetros físico – químicos, se realizó dos jornadas de muestreo de agua tipo puntual [13] en cada tramo durante las temporadas de lluvia y sequía: Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo siguiendo la metodología propuesta [14], para la custodia y posterior análisis de los parámetros. Cabe aclarar que, se realizó un sólo análisis correspondiente a los compuestos fenólicos y tensoactivos durante la temporada de lluvias en el tramo de aguas arriba debido a que, no se evidencia registros o actividades inherente a la producción de este tipo de contaminante en el cuerpo de agua en todo el curso hídrico.

2.2.3. ETAPA III: Implementación de los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), índice biológico BMWP/COL e índice de contaminación ICO.

2.2.3.1. Índice QBR

Para la estimación del índice del bosque de ribera, se tuvo en cuenta la metodología propuesta [15]. Con este índice se pretendió conocer la calidad ecológica del bosque Ripario y establecer relación entre estos y la calidad ambiental del agua en los tres tramos del río estudiados. Teniendo en cuenta el puntaje total del QBR obtenido de aguas arriba, Balneario y aguas abajo asignados por la metodología propuesta, se estimó el nivel de calidad del bosque de ribera.

Tabla 2. Niveles de calidad del bosque de ribera.

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Bosque de rívera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural.	≥ 95
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.	75-90
Inicio de alteraciones importantes, calidad intermedia.	55-70
Alteración fuerte, mala calidad.	30-50
Degradación extrema, calidad pésima.	≤ 25

2.2.3.2. Índice IHF

Para la estimación del índice de hábitat fluvial, se tuvo en cuenta la metodología propuesta [16]. Este índice fue aplicado durante periodos en los que el caudal sea bajo, de modo que el sustrato y las características del canal puedan verse con facilidad, es decir, se aplicó una sola vez en la temporada de sequía.

La puntuación final del índice fue el resultado de la suma de la puntuación obtenida en cada una de las estaciones de muestreo, por consiguiente, se estimó el nivel de calidad del mismo.

Tabla 3. Niveles de calidad de hábitat fluvial

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Hábitat fluvial óptimo	≥75
Hábitat fluvial medianamente diverso	51 – 74
Hábitat fluvial poco diverso	40 – 60
Hábitat fluvial con serias limitaciones	<40

2.2.3.3. Índice BMWP/COL

El índice BMWP/Col, consideró diferentes valores por familia cuya sumatoria total identificó un tipo de calidad de agua [17] de manera que se utilizó el mismo valor de diez [18]. Para ello, se calculó con taxones de macroinvertebrados acuáticos clasificados hasta familias [5].

Los resultados de la calidad de agua producidos por el índice BMWP/Col fueron tabulados con su color y valor respectivo.

Tabla 4. Niveles de calidad biológica del agua

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Buena, aguas muy limpias	≥150
	101 – 120
Aceptable, aguas ligeramente contaminadas	61 – 100
Dudosa, aguas moderadamente contaminadas	36 – 60
Critica, aguas muy contaminadas	16 – 36
Muy crítica, aguas fuertemente contaminadas	<15

2.2.3.4. Índice ICO

Los índices ICO fueron evaluados a partir de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos determinados anteriormente. Los índices utilizados para tal fin fueron: ICOBIO, ICOSUS, ICOMO, ICOMI, ICOTRO según la metodología propuesta [19].

A partir de los valores arrojados del Índice ICO en cada tramo, se realizó el registro respectivo de cada valor en las temporadas de lluvia y sequía; el cual, se asoció a una coloración respectiva que determinó la calidad de las aguas bajo los parámetros usados.

Tabla 5. Niveles de significancia de los índices ICO

GRADO DE CONTAMINACION	PUNTAJE
Ninguna	0 – 0.2
Baja	0.2 – 0.4
Media	0.4 – 0.6
Alta	0.6 – 0.8
Muy alta	0.8 – 1.0

2.2.4. ETAPA IV: evaluación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/COL e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente.

A partir de los análisis realizados en los laboratorios; se comparó la información con la normatividad que establece los valores máximos permitidos con relación al uso del recurso hídrico, esta se encuentra referenciada en el artículo 2.2.3.3.9.7 del Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Tabla 6. Niveles permisibles para uso del recurso hídrico de contacto primario

REFERENCIA	EXPRESADO	VALOR
Coliformes fecales	NMP	200microorganismos/100ml
Coliformes totales	NMP	1000microorganismos/100ml
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
pH	Unidades	5 – 9
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	0,5

Se determinó la calidad ambiental del balneario Hurtado – río Guatapurí y las zonas altas y bajas influyentes en este balneario a partir de los datos arrojados por cada uno de los índices aplicados con anterioridad. Para ello, se realizó una serie de evaluaciones respectivas con respecto a la influencia o significancia que tuvieron entre si los índices aplicados; es decir, se determinó el grado de correlación que pudo existir entre las diferentes combinaciones posibles de los índices que definió la evaluación de la calidad ambiental por medio de la correlación, esto se realizó a través de un modelamiento estadístico denominado Correlación de Spearman [20].

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Etapa I

3.1.1. Identificación de macroinvertebrados

Durante la temporada de sequía, la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas en los tramos estudiados estuvo representada por: 3 Phyla (Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 12 órdenes y 44 familias, con un total de 369 macroinvertebrados acuáticos colectados. La Phyla más representativa en abundancia fue la Artrópoda con alrededor del 96,7% del total de individuos, distribuida entre las clases Crustácea e Insecta. A nivel de los órdenes; los más representativos en abundancia fueron Trichoptera (23%), Ephemeroptera (22,49%), Coleóptera (16,26%) y Hemiptera (14,36%); mientras que Basommatophora (1,63%), Lepidoptera (0,54%) y Decapoda (0,54%) fueron los de menor abundancia. A nivel de familias; las de mayor abundancia fueron Leptohyphidae (10,6%), Hydropsychidae (7,6%), Leptophlebiidae (7,3%), Elmidae (6,2%) y Pshephenidae (6%); las de menor representación fueron Pseudothelphusidae (0,5%), Tipulidae (0,3%) y Limnichidae (0,3%).

Durante la temporada de lluvias sobre el área de estudio, se identificaron 247 individuos acuáticos distribuidos en; 4 Phyla: Arthropoda, Mollusca, Anelida y Platyhelminthes, representados en 12 órdenes y 41 familias. Donde la mayor abundancia de phylum estuvo representada en Artrópoda con alrededor del 97% del total de macroinvertebrados distribuida únicamente en la clase Insecta, este resultado está relacionado con la mayor diversidad que tienen los insectos como componente en los ecosistemas acuáticos y terrestres, puesto que ocupan una gran variedad de nichos funcionales y microhábitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales [21]. En lo referente a los órdenes; los de mayor abundancia relativa fueron Coleóptera (23,89%), Trichoptera (23,08%) y Ephemeroptera (18,62%); mientras los de menor representación se distribuyeron en los órdenes Basommatophora (1,21%), Lepidoptera (0,81%) y Haptotaxida (0,40%). En lo referente a las familias, las más abundantes se distribuyen de la siguiente manera; Leptohyphidae (9,72%), Pshephenidae (9,31%), Elmidae (7,29%), Naucoridae (7,29%), Polycentropodidae (5,26%), Blepharoceridae (4,86%) y Baetidae (4,05%); con un porcentaje de menor abundancia son las familias Tipulidae (0,40%), Phytidae (0,40%), Lymnnessidae (0,40%) y Planorbidae (0,40%).

La diversidad en los organismos identificados durante las épocas mencionadas, estuvo caracterizada por la ausencia de siete familias en sequía (Chrysomelidae, Lymnnessidae, Noteridae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Tubificidae, Xiphocentronidae) y durante la temporada de lluvia de 10 familias (Sthaplinidae, stratiomyidae, Dytiscidae, Aeshnidae, Belostomatidae, Lestidae, Ancyliidae, Leptoceridae, Pseudothelphusidae, Limnichidae). La explicación relacionada con la presencia o ausencia de los taxones entre estaciones puede ocurrir por los efectos del ambiente y modificaciones de los microhábitats [22].

Los resultados deben ser presentados en una secuencia lógica en el texto, tablas y figuras, se debe evitar la presentación repetida de los mismos datos en diferentes formas (en el anexo 1 se explica como presentar ecuaciones, figuras y tablas). Los resultados no deben contener material apropiado para discusión. Al describir los resultados de los experimentos de los autores, esto debe ser escrito en tiempo pasado. Los resultados deben ser explicados, pero en gran parte sin hacer referencia a la literatura.

3.1.2. Identificación de vegetación ribereña

Al realizar la parcelación de la vegetación ribereña comprendidas en las estaciones dispuestas en los tramos de Aguas Arriba – balneario Hurtado – Aguas Abajo, se lograron identificar en total 43 especies leñosas propias del bosque seco tropical de dicha zona, dentro de ellas se encontraron: 31 especies de árboles, 5 especies de arbustos y 7 especies de árboles exóticos o que no son propios de este ecosistema; distribuida por los tramos mencionados:

Tabla 7. Especies de vegetación leñosa del bosque ribereño encontradas por tramos de estudio.

TRAMOS DE MUESTREO	ESPECIES	CANT
AGUAS ARRIBA	Árboles: <i>Bulnesia arborea</i> , <i>Sciadodendron excelsum</i> , <i>Haematoxylum brasiletto</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Guarea guidonia</i> , <i>Ruprechtia ramiflora</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Piptadenia flava</i> , <i>Cereus hexagonus</i> , <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> , <i>Acalypha diversifolia</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Pereskia guamacho</i> , <i>Albizia niopoides</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Stylogyne venezuelana</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Protium heptaphyllum</i> , <i>Maclura tinctoria</i> , <i>Pterocarpus acapulcensis</i> , <i>Bulnesia arborea</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Schaefferia frutescens</i> , <i>Pseudobombax septenatum</i> y <i>Machaerium arboreum</i> , <i>Parinari pachyphylla</i> Rusby, <i>Inga edulis</i>	31
	Arbustos: <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Calliandra magdalenae</i> , <i>Mimosa arenosa</i> , <i>Machaerium arboreum</i> y <i>Cochlospermum vitifolium</i> .	5
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> y <i>Swinglea glutinosa</i> .	2
BALNEARIO HURTADO	Árboles: <i>Cedrela odorata</i> , <i>Pseudobombax septenatum</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Inga edulis</i> ,	7
	Arbustos: <i>Machaerium arboreum</i> , y <i>Mimosa arenosa</i> ,	2
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus limonun</i> , <i>Manilkara zapota</i> , <i>Swinglea glutinosa</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Crescentia cujete</i> y <i>Roystonea hispaniolana</i> Bailey.	7
AGUAS ABAJO	Árboles: <i>Pereskia guamacho</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> , <i>Haematoxylum brasiletto</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Inga edulis</i> ,	9
	Arbustos: <i>Calliandra magdalenae</i> , <i>Mimosa arenosa</i> y <i>Roystonea hispaniolana</i> .	3
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> , <i>Crescentia cujete</i> y <i>Melicoccus bijugatus</i> .	3

3.2. Etapa II

Tabla 8. Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de sequía.

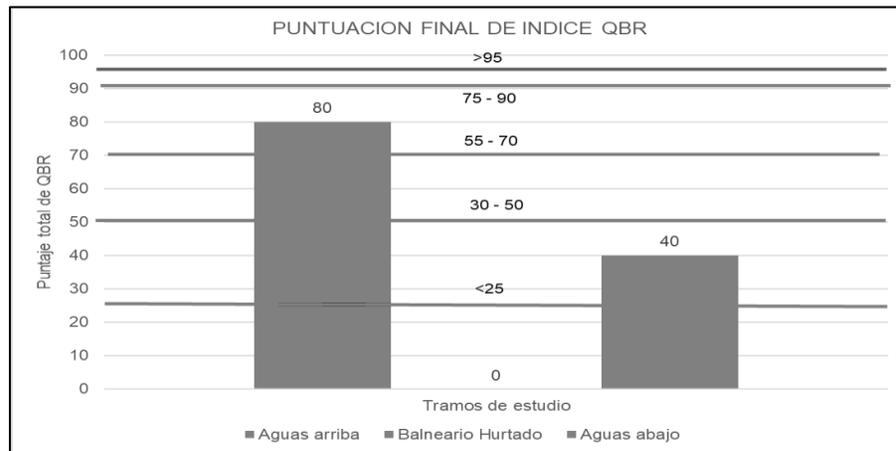
Parámetros físico-químicos para temporada de sequía		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
PARAMETROS ANALIZADOS IN SITU (dentro de la zona de estudio)										
CONDUCTIVIDAD	($\mu\text{S/cm}$)	81			79			70		
PH	---	7,98			7,5			7,25		
TEMPERATURA	$^{\circ}\text{C}$	25,6			25,9			26,0		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado con la colaboración del director del proyecto)										
ALCALINIDAD TOTAL	(mg/l CaCO_3)	8			10			16		
DUREZA TOTAL	(mg/l CaCO_3)	28			22			30		
SST	(mg/L)	76,8			84,3			95,2		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado con la colaboración del director del proyecto)										
DBO5	(mg/L)	1,65			1,75			1,65		
FOSFORO TOTAL	mg/l	0,0075			0,0074			0,0073		
OD	(mg/lO ₂)	6,0			5,9			5,5		
	(%sat)	75%			73%			69%		
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)	350			570			730		
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)	500			740			890		

Tabla 9. Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de lluvia.

Parámetros físico-químicos para temporada de lluvia		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
PARAMETROS ANALIZADOS IN SITU (dentro de la zona de estudio)										
CONDUCTIVIDAD	($\mu\text{S/cm}$)		84			77			72	
PH	---		8,12			7,88			7,69	
TEMPERATURA	$^{\circ}\text{C}$		24,9			24,5			25,1	
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizados en el laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar)										
SST	(mg/L)		370			403			296	
ALCALINIDAD TOTAL	(mg/l CaCO_3)		4			2			4	
DUREZA TOTAL	(mg/l CaCO_3)		24			20			26	
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado en los Laboratorios BIOINDALAMB)										
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)		2000			6000			7000	
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)		4000			9000			8000	
DBO5	(mg/L)		2,21			2,41			2,35	
FOSFORO TOTAL	mg/l		0,0071			0,0075			0,0085	
OD	(mg/lO ₂)		6,2			6,0			5,8	
	(%sat)		76%			74%			72%	
COMPUESTOS FENOLICOS	(mg/l)		<0,05							
TENSOACTIVOS	(mg/l SAAM)		<0,05							

3.3. Etapa III

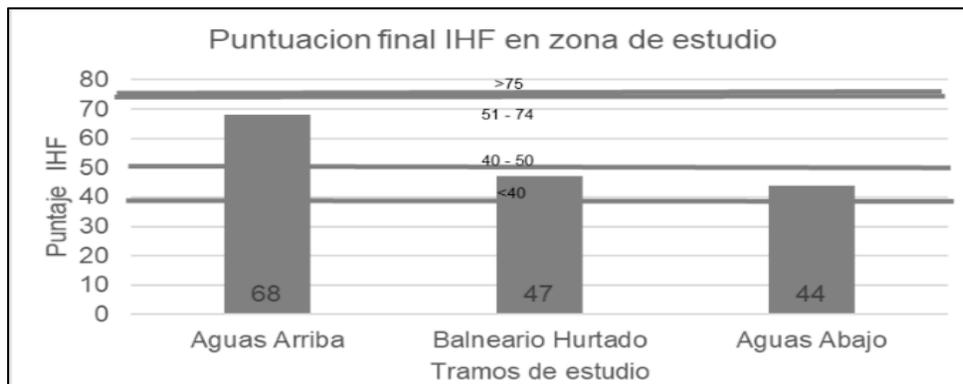
3.3.1. Índice QBR



Gráfica 1. Puntuación final del índice QBR en zona de estudio.

El bosque de ribera de aguas arriba es de calidad buena, sin embargo, está ligeramente perturbado por las actividades antropogénicas. Por su parte; el bosque de ribera del Balneario Hurtado presentó la peor calidad riparia, calidad pésima, sin embargo la puntuación cero no indica carencia de espacios naturales sobre la ribera, sino que a través de las consideraciones que establece la metodología, permite contextualizar que, los impactos negativos generados por las condiciones que el uso recreativo del agua y del espacio turístico del balneario han sido significativos y más aún que las acciones y medidas emprendidas (reforestación, canalización, muros de contención, residuos sólidos, etc.) por las autoridades competentes en materia ambiental y urbanísticas de la ciudad, no han surtido el efecto esperado y deseado sobre la naturalidad del bosque Ripario; y, por último, el bosque de ribera de aguas abajo comparado con el resultado presentado en el tramo anterior ha recibido menor impacto sobre su bosque Ripario, pero presenta mayor degradación que las condiciones de Aguas arriba. Por los resultados obtenidos se define que, presenta mala calidad, debido a intervenciones antrópicas recibida por las actividades agropecuarias, urbanísticas, turísticas y recreacionales.

3.3.2. Índice IHF

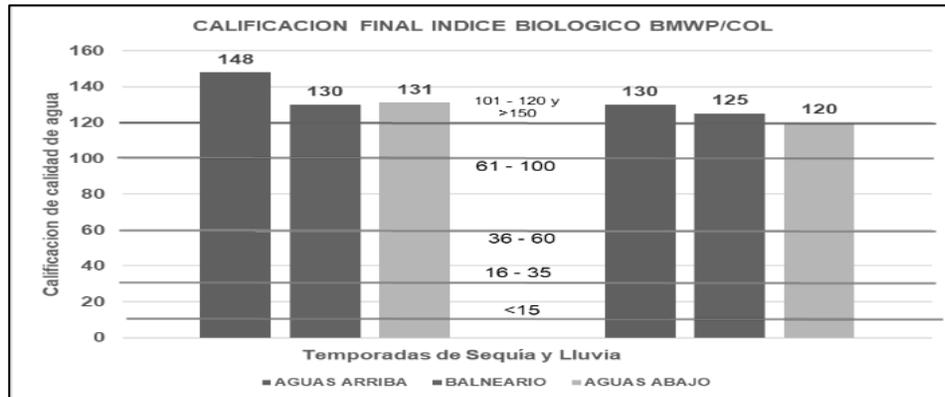


Gráfica 2. Puntuación final del índice IHF en zona de estudio.

El hábitat fluvial de aguas arriba es medianamente diverso, esto es debido a la gran cantidad de cobertura vegetal acuática que se encuentran fijadas en las piedras del río; además, posee riqueza de materia orgánica a través de hojarasca que son vital para el alimento de las diferentes especies acuáticas encontradas dentro del lecho del río como son los macroinvertebrados y la especie vegetal acuática identificada. Mientras que, el hábitat fluvial del Balneario Hurtado resultó ser poco diversa, resultando ser el tramo más afectado a causa de la actividad turística y comercial, que se refleja en el recorte de ancho del río, la disposición de residuos sólidos dentro del cauce, las construcciones civiles que afectan el hábitat fluvial. Por último, el hábitat fluvial

de aguas abajo resulta ser poco diverso con un puntaje inferior con referencia a la zona de Balneario Hurtado; esta calificación baja se debe a la interacción humana a través del turismo; pero, se destaca la presencia de construcciones civiles de proporciones mayores que afecta en gran medida la vegetación ribereña; además, el curso hídrico presenta 2 captaciones de agua que desvían el cauce hacia los diferentes corregimientos y fin-cas ganaderas y agrarias, lo que provoca que, en esta zona sufra un bajo descenso del flujo hídrico lo que afecta considerablemente a la población de macroinvertebrados y vegetación dentro del lecho del río. En los tramos estudiados, se identificó la especie de vegetación acuática *Microsorium punctatum* [23].

3.3.3. Índice BMWP/COL



Gráfica 3. Calificación final índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas.

En total se recolectaron 616 macroinvertebrados durante los periodos de lluvia y sequía en los tramos estudiados del río GUATAPURI sobre el Balneario Hurtado, agrupados en 12 órdenes y en alrededor de 44 familias, permitieron obtener los siguientes valores de BMWP/COL: aguas arriba con 148, balneario Hurtado con 130 y en aguas abajo con 131 durante la temporada de lluvia; mientras que, en aguas arriba con 130, balneario Hurtado con 125 y en aguas abajo con 120 durante la temporada de sequía respectivamente; esto indica que, las agua en los trayectos mencionados se encuentran poco contaminadas o limpias (calidad buena).

Los valores BMWP/COL presentados en cada tramo durante las diferentes estaciones, evidencian la conservación del estado ambiental del afluente, aunque existen diferencias significativas en la diversidad y numero de macroinvertebrados durante las temporadas estudiadas (mayor en sequía), esto puede estar asociado a el aumento del caudal acompañado de rápidas, inundaciones y cargas altas de sedimentos, arrastraría los taxones presentes en los sustratos y limitará las condiciones respiratorias de la fauna bentónica [8].

3.3.4. Índice ICO

Tabla 10. Compendio de resultados de índice de contaminación ICO a partir de parámetros analizados en ambas épocas.

Evaluación índice de contaminación ICO	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO HURTADO		AGUAS ABAJO	
	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
ICOMI	0,066	0,069	0,064	0,062	0,055	0,056
ICOMO	0,084	0,28	0,124	0,384	0,158	0,401
ICOSUS	0,21	1,0	0,233	1,0	0,266	0,868
ICOTRO	0,0075	0,0071	0,0074	0,0075	0,0073	0,0085
ICOBIO	0,5	0,455			0,5	0,455
Promedio	0,1735	0,3622	0,1071	0,3634	0,1973	0,3577

Los tramos de muestreo del río Guatapurí durante la temporada seca obtuvieron un grado de contaminación bajo, es decir, las aguas presentan una calidad adecuada con un porcentaje mínimo de contaminación. Este resultado se vio reflejado en los datos determinados de los índices ICOSUS – ICO-MO e ICOBIO que presentaron un grado de contaminación en su secuencia bajo – ninguno y moderado. El aumento de los valores de estos índices durante la temporada de lluvia estuvo relacionada en el caso de ICOMO, al aumento de los coliformes fecales que superaron los valores de 2000UFC/100ml debido a las actividades antrópicas realizadas en las zonas ribereñas que posibilitaron a que esta población bacteriana apareciera en el cauce del río por efecto de la escorrentía superficial de la ribera, pero su calidad fue baja debido a que las condiciones de velocidad de la corriente – la temperatura del agua y la disponibilidad de Oxígeno disuelto fueron factores determinantes para el mejoramiento de la calidad del agua [8] y [24], acompañada del poco aporte de aguas servidas que indujeron a unos valores de DBO bajos; al momento de realizar el muestreo durante las temporadas mencionadas, pudieron presentar altas concentración de sólidos suspendidos por encima de los 200mg/l, afectó el valor del índice asociado a este parámetro debido al efecto producido por la escorrentía superficial en las riberas, las perturbaciones del lecho del río producida por las actividades turísticas que logran depositar materiales particulados y la deposición de materia orgánica (hojarasca y demás) de tamaños muy pequeños ya sea por efecto natural o antrópico; por último, las perturbaciones realizadas por las actividades antrópicas en la zona del Balneario Hurtado lograron en cierta medida alterar las condiciones de presencia – ausencia de las familias o taxones encontrados en el lecho del río tomando como referencias los taxones identificados en aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

3.4. Etapa IV

Tabla 11. Comparación con la normativa ambiental de uso de agua recreativo contacto primario

CRITERIOS DE LA NORMA AMBIENTAL DE USO DE AGUA RECREATIVO CONTACTO PRIMARIO									
PARAMETRO	UNIDAD	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO HURTADO		AGUAS ABAJO		Decreto 1076 de 2015 Art. 2.2.3.3.9.7	CRITERIO DE CUMPLIMIENTO
		Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequia	Lluvia		
ALCAL. TOTAL	(mg/l CACO3)	8	4	10	2	16	4	N/A	----
DUREZA TOTAL	(mg/l CACO3)	28	24	22	20	30	26	N/A	----
SST	(mg/l)	76,8	370	84,3	403	95,2	296	N/A	----
CONDUCT	(µS/cm)	81	84	79	77	70	72	N/A	----
PH	---	7,98	8,12	7,5	7,88	7,25	7,69	5,0-9,0	CUMPLE
TEMP	°C	25,6	24,9	25,9	24,5	26,0	25,1	N/A	----
DBO5	(mg/L)	1,65	2,21	1,75	2,41	1,65	2,35	N/A	----
FOSFORO TOTAL	mg/l	0,0075	0,0071	0,0074	0,0075	0,0073	0,0085	N/A	----
OD	(mg/IO2)	6,0	6,2	5,9	6,0	5,5	5,8	N/A	----
	(%sat)	75%	76%	73%	74%	69%	72%	70%	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)	350	2000	570	6000	730	7000	200	
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)	500	4000	740	9000	890	8000	1000	
COMP. FENOL	(mg/l)		<0,05					0,002	CUMPLE
TENSO ACT.	(mg/l SAAM)		<0,05					0,5	CUMPLE

La comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, con la norma ambiental que reglamenta las condiciones de calidad del agua para usos recreativo de contacto primario (artículo 2.2.3.3.9.7. decreto 1076 de 2015), según lo presentado en la tabla anterior, se indica que, el balneario cumplió parcialmente con las condiciones de calidad que garanticen seguridad para la salud humana, pues las concentraciones de parámetros críticos como los microbiológicos están por encima de la norma, lo que ocasionaría afectaciones considerables en la población, sin embargo, estos valores pueden ser ocasionales y variables donde sin lugar a dudas las propias actividades recreativas, domésticas y comerciales de la zona son factores detonantes de estos resultados. Es necesario destacar que los parámetros Tensoactivos y Compuestos Fenólicos evaluados aguas arriba en lluvia, presentaron valores por debajo del límite de detección del método de análisis empleado, que, para los tensoactivos fue un valor por debajo del criterio de la norma indicando cumplimiento. En cuanto a los fenoles el límite se encuentra por encima del valor del decreto, pero se establece el cumplimiento del mismo conforme a la normativa debido a las condiciones naturales y urbanas encontradas alrededor del balneario y área de estudio que permiten presumir ausencia de contaminación.

Tabla 12. Resultados de correlación Spearman entre los índices IHF – BMWP/COL – QBR e ICO

INDICES	QBR	BMWP/COL	IHF	ICOMI	ICOSUS	ICOMO	ICOBIO	ICOTRO
QBR		0,55						0,55
BMWP/COL			0,71					0,55
IHF	0,71							0,76
ICOMI	0,55	0,55	0,76			-0,80	0,55	-0,80
ICOSUS			-0,64	-0,80				0,88
ICOMO			-0,64		0,88			0,98
ICOBIO	0,55		0,55		0,55			0,55
RANGOS DE CORRELACION	(+/-) 0,76 – 1,00		Entre fuerte y perfecta					
	(+/-) 0,51 – 0,70		Entre fuerte y moderada					
			Débil					
			Escasa					

Todas las correlaciones entre los índices biológicos (QBR, IHF, BMWP/COL) fueron positivas, lo que indica dependencias que se deben explorar. En este sentido, la valoración para el estado de calidad aportado por un índice biológico relacionado con un elemento en particular estudiado en estos denota incidencia directa con las cualidades que las demás partes bióticas que el ecosistema presenta y que, a su vez, están relacionadas con valoraciones particulares e independientes en estos índices.

Los índices de contaminación que presentaron mayor correlación (fuerte y moderada) con los índices biológicos fueron ICOMI, ICOBIO e ICOTRO, destacándose la fuerte correlación del IHF ($\rho=0,76$) con los índices ICOMI e ICOTRO, pues la calidad de los microhábitats viene determinada entre muchas cosas por la presencia de nutrientes (oligotrófico) y la existencia de un sustrato adecuado [25]. Que sin duda repercuten en la diversidad biótica del río. En cuanto a los resultados presentados para los ICO, las correlaciones entre ICOSUS e ICOMO ($\rho=0,88$), ICOTRO con ICOSUS ($\rho=0,88$) e ICOMO ($\rho=0,98$), indicaron según el modelo estadístico de SPEARMAN, una relación fuerte entre las variables.

4. CONCLUSIONES

La mayor abundancia de macroinvertebrados, estuvo presente durante la temporada de sequía con un sub-total de 369 organismos equivalente al 59,9% del total de individuos identificados en ambas temporadas, donde el Phylum Atrópoda fue la más representativa durante las temporadas con un porcentaje entre 96 y 97% respectivamente, estos resultados están relacionados con la mayor diversidad que tienen los insectos como componente en los ecosistemas acuáticos y terrestres, puesto que ocupan una gran variedad de nichos y microhábitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales.

La vegetación ribereña identificada en el área de estudio, estuvo conformada por 43 especies leñosas características del bosque seco tropical, de las cuales el 78% son árboles, el 5% son arbustos y el 16% son árboles foráneos, donde el tramo aguas arriba represento la zona con mayor abundancia de bosque nativo al contar con 36 especies mientras el tramo Balneario fue la zona con menos presencia de especies endémicas de bosque seco tropical.

Las condiciones del bosque Ripario según la metodología del índice QBR, presentaron sólo en aguas arriba buena calidad, por su parte las zonas de balneario Hurtado y aguas abajo obtuvieron una calificación de mala calidad, asociada con la degradación extrema del ecosistema Ripario por la extrema presión antrópica.

Con respecto al IHF, las construcciones civiles sobre la ribera, la alteración sobre la vegetación riparia, el aporte de elementos que dan de heterogeneidad (alimento y energía) y la poca diversidad de vegetación acuática, constituyeron los principales factores para la calidad obtenida en los diferentes tramos. En general el hábitat fluvial presentó una calidad medio – baja, lo que limita las condiciones para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos, dado que en estos dos últimos tramos la abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados fue alrededor del 12 al 18% respectivamente.

El índice BMWP/COL indicó aguas poco contaminadas o limpias (buena calidad) sobre todos los tramos de estudio. Esta calidad estuvo asociada principalmente a la presencia de familias de macroinvertebrados sensibles a ambientes contaminados como fueron Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Hdripsychidae Psephenidae, Perlidae y Blepharoceridae, además, indicaron buenas concentraciones de oxígeno disuelto y bajas fuentes de materia orgánica.

Los ICO durante la temporada de sequía no registraron contaminación asociada a iones minerales, fósforo, materia orgánica, coliformes y sólidos suspendidos. Sin embargo, en lluvia el aumento de sustancias coloidales por la escorrentía superficial, motivó el aumento de las concentraciones de Coliformes y sólidos suspendidos y con esto los índices ICOMO e ICOSUS, los cuales, indicaron niveles medio y alto de contaminación respectivamente.

El análisis estadístico realizado entre los índices biológicos (QBR, BMWP/COL, IHF) con los ICO, se observó una correlación fuerte y positiva entre los índices biológicos, lo que demuestra la relación entre los bloques de evaluación y las condiciones de la metodología de los índices. Por su parte, los índices ICO presentaron correlaciones fuertes y positivas entre ICOSUS – ICOMO, ICOTRO – ICOSUS e ICOMO, debido a los factores de coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, fósforo total y DBO5.

La discusión debe considerar los resultados en relación con las hipótesis formuladas en la introducción y el lugar del estudio en el contexto de otros trabajos. Las secciones de Resultados y Discusión (o análisis de resultados) también pueden ser combinadas.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Popular del Cesar por la utilización de los laboratorios y a la ingeniera Karina Torres Cervera por su dedicación constante

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ecuador", C. E. (2017). CELEC EP "Corporación Eléctrica del Ecuador". Obtenido de CALIDAD AMBIENTAL: <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/sociedad-y-ambiente/sistema-de-calidad-ambiental.html>

[2] Valledupar, A. d. (2016). Plan de Desarrollo Municipal, Valledupar Avanza 2016 - 2019. Valledupar: Valledupar Avanza.

[3] González Marta, G. D. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de directiva marco del agua. INGENIERIA CIVIL 143, 97-108.

[4] Ocampo Zamora, A. (2013). EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA JARAMILLA, MUNICIPIO DE TEBAIDA, DEPARTAMENTO DE QUINDIO. ARMENIA: UNIVERSIDAD DE MANIZALES, FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS.

[5] Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín., 170.

[6] Silva, L. A. (2015). Manual de Monitoreo de agua para investigación local. Bogota: ARFO Editores e Impresores Ltda.

[7] Merritt, R. y. (1996). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition. . Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, 862.

[8] Roldán, 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.

[9] IDEAM. (2006). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, DETERMINACIÓN TAXONÓMICA - CONTEO. Bogota: IDEAM.

-
- [10] Morales, A. &. (2008). Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago- Nilo Cundinamarca. Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia.
- [11] Vélez, J. (2004). Estudio florístico del bosque seco tropical en el cañón del río Cauca en el occidente medio de Antioquia. . Medellín: Corantioquia.
- [12] Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (Febrero de 2006). Sistema de Información de Biodiversidad. Obtenido de Sistema de Información de Biodiversidad: <https://www.sib.gov.ar/archivos/IAVH-00288.pdf>
- [13] IDEAM. (2010). Guía de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. En IDEAM, TIPOS DE MUESTRAS Y FRECUENCIA DE MUESTREO (págs. 16 - 17). BOGOTÁ: IDEAM.
- [14] Rodier, J. (2011). ANALISIS DE LAS AGUAS primera parte: analisis de las aguas naturales. En J. Rodier, Generalidades: Toma de muestras (págs. 6 - 7). BARCELONA: OMEGA S.A.
- [15] Munné, A. C. (1998). PROTOCOLO 7: INDICE DE CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA QBR. MADRID.
- [16] Pardo, I., Alvarez, M., Casas, J., Moreno, J., Vivas, S., Bonada, N. Vidal, M. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21(3-4), 115-133.
- [17] Alba Tercedor, J. &. (1978). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell. . *Limnetica*, 51-56.
- [18] Jacobsen, D. (1998). The effect of organic pollution the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams. . *Hidrobiologia*. 2, 179 - 195.
- [19] Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G., & otros. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 135 - 153.
- [20] Marcano C, J. A. (2016). COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y DE SPEARMAN. BARCELONA: INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO SANTIAGO MARINO, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
- [21] Ramirez, J., & Roldan, G. (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical 2da. Edición. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- [22] Closs, G., Downes, B., & Boulton, A. (2004). Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystem. En G. Closs, B. Downes, & A. Boulton, *Freshwater ecology: a scientific introduction* (págs. 539-541). United States Of America: John Wiley & Sons, Ltd.
- [23] Murillo A, J. (2017). Diversidad de los helechos y licófitos de Colombia. *Acta Botanica Malacitana*, 42(01), 23-32.
- [24] Domínguez., & F. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y Biología. (V. R. Scopus, Ed.) Fundación Miguel Lillo, 656.
- [25] Álvarez, M., Bonada, N., Casas, J., & Pardo, I. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 115-133