

**MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS COMO SISTEMA DE
EVALUACION DE CONTAMINACION DEL BALNEARIO HURTADO, RIO
GUATAPURI, VALEDUPAR-CESAR**

Autor:

NICOLAS MARTINEZ GARCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DECANATO DE CIENCIAS BASICAS
ESCUELA DE QUIMICA
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA-SANTANDER**

2010

**MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS COMO SISTEMA DE
EVALUACION DE CONTAMINACION DEL BALNEARIO HURTADO, RIO
GUATAPURI, VALEDUPAR-CESAR**

Autor:

NICOLAS MARTINEZ GARCIA

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Química Ambiental

ASESOR:

Esp. RICARDO RESTREPO MANRIQUE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

DECANATO DE CIENCIAS BASICAS

ESCUELA DE QUIMICA

ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA-SANTANDER

2010

DEDICATORIA

- ADQUIERE SABIDURÍA Y SOBRE TODAS TUS POSESIONES ADQUIERE INTELIGENCIA, ENGRANDECELA Y ELLA TE HONRARÀ, CUANDO TU LA HAYAS ABRAZADO.

(PROVERBIOS 4: 7-8)

- A JEHOVA DIOS, POR QUE EN ÈL HE CONFIADO

(SALMOS 16: 1)

- A MI MADRE CELINA Y A MI PADRE NICOLÁS QUE HAN CONFIADO CIEGAMENTE EN LAS CAPACIDADES Y DONES QUE EL SEÑOR ME HA CONCEDIDO Y GRACIAS A SUS ESFUERZOS, CONSTANCIA, EMPEÑO Y DEDICATORIA HICIERON POSIBLE QUE ESTE SUEÑO DE SER UN SERVIDOR DE LA SOCIEDAD Y PROTECTOR DE LA MADRE NATURALEZA FUERA REALIDAD POR LO CUAL ESTA META ALCANZADA SE LAS DEDICO CON TODA EL ALMA. LOS QUIERO MUCHO “VIEJOS”!

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me dio la oportunidad para hacer realidad este proyecto; a mi tía Dubis Díaz Montero y la empresa donde labora ,EMDUPAR, al igual que Corpocesar por su magnífica colaboración en los análisis microbiológicos y fisicoquímicos; a la Msc Laura Rojas docente de la U.P.C por brindarme su asesoría y revisión de este documento; al profesor Miguel ángel Banderas y la jefe de departamento de Ciencias Básicas de la U.P.C María Trinidad Montero por permitir la utilización de los laboratorios de Biología de esta institución; de manera muy especial agradezco al Maestro de la Especialización en Química Ambiental Ricardo Restrepo Manrique por enseñarme y asesorarme sobre este estudio Limnológico y finalmente a mis familiares y amigos por sus valiosos aportes y colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
1.1 formulación del problema	3
1.2. Delimitación del problema	4
1.2.1. Delimitación espacial	4
1.2.2. Delimitación cronológica	6
1.3. Justificación	7
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos	10
2. Marco teórico	11
2.1 Antecedentes de la investigación	11
2.2 Marco de referencia	13
2.2.1 Macroinvertebrados acuáticos	13
2.2.2 Los macroinvertebrados como organismos indicadores de la calidad del agua .	18
2.2.3 Historia de los sistemas de bioindicación	19
2.2.4 índice BMWP/Col (biological monitoring working party)	21
2.2.5 índices ecológicos	22
2.2.6 Importancia ambiental de parámetros indicadores de contaminación	23

2.2.7 Índices de contaminación ICO para Colombia	26
3. Materiales y métodos	31
3.1 Área de estudio	31
3.1.2 Fase I: investigación de campo	32
3.1.2.1 Clave para la determinación de los principales grupos de invertebrados acuáticos	36
3.1.2.2 Clave para la determinación de los órdenes de insectos en las fases acuáticas	37
3.1.3 Fase II: investigación de laboratorio	38
3.1.4 Fase III: manejo de la información	40
4. Resultados y discusión	47
4.1 Resultados	47
4.1.1 Comunidad de macroinvertebrados en el balneario hurtado de Valledupar.....	47
4.1.2 Índice BMWP/Col	56
4.1.3 Conclusiones y Discusiones	67
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	73
Reporte de los resultados de parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Posición astronómica y limites del municipio de Valledupar - Cesar	4
Tabla 2 Puntuación dada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos acuáticos para el índice BMWP/Colombia de Roldán, 2003.....	21
Tabla 3. Clases De Calidad De Agua Valores BMWP Y Colores Para Representaciones Cartográficas (Zamora-Muñoz Y Alba-Tercedor, 1996.....	22
Tabla 4 Significancia de los Índices de Contaminación ICOs	28
Tabla 5 Rangos Y Caracterización De Los ICOs Propuestos Por Ramírez (1997)	29
Tabla 6 Referencia de calidad del agua art. 42	30
Tabla 7 Referencia de calidad del agua art. 43	30
Tabla 8 Rótulo para frascos en los que se conservan las muestras de macroinvertebrados para identificar	35
Tabla 9 Rótulo para Macroinvertebrados Identificados.....	38
Tabla 10 Materiales y métodos utilizados para la medición de las variables Fisicoquímicas y Microbiológicas estudiadas	39
Tabla 11 Índices ecológicos	41
Tabla 12. Conversión del nivel corregido de OD en ppm a % de saturación de OD de oxígeno	42
Tabla 13. Saturación de oxígeno	43
Tabla 14. Significancia de los Índices de Contaminación ICOs.....	46
Tabla 15. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados identificados en la estación E1, E2 y número de individuos recolectados	49
Tabla 16. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados identificados en la estación E3, E4, E5 y número de individuos recolectados.....	51
Tabla 17. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados identificados en la estación E5, E6 y número de individuos recolectados	53
Tabla 18. Numero de taxa identificadas en las estaciones de muestreo	54
Tabla 19 similaridad de géneros de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo	55

Tabla 20 Esta tabla presenta la adaptación realizada del BMWP/Col en la estación E1 – E2.....	57
Tabla 21 Esta tabla presenta la adaptación realizada del BMWP/Col en la estación E3 - E4 – E5	58
Tabla 22 Esta tabla presenta la adaptación realizada del BMWP/Col en la estación E6 – E7	59
Tabla 23. Promedios de los parámetros medidos <i>in situ</i>	60
Tabla 24. Valores promedios de coliformes fecales y totales en estaciones de muestreo.....	62
Tabla 25. Comparación de las concentraciones de coliformes fecales y totales en las épocas de lluvias y sequia.....	63
Tabla 26. Reporte de resultados ICOpH	64
Tabla 27. Reporte de resultados ICOMI	65
Tabla 28. Reporte de resultados ICOSUS.....	65
Tabla 29. Reporte de resultados ICOMO	66
Tabla 30. Índice de Shannon-Wiener (H') En las estaciones E1 y E2	73
Tabla 31. Índice de Shannon-Wiener (H') En las estaciones E3,E4 y E5.....	75
Tabla 32. Índice de Shannon-Wiener (H') En las estaciones E6 y E7	76

INDICE DE GRAFICAS Y MAPAS

Gráfica 1 Géneros vs. N° de individuos recolectados en las estaciones E1 y E2	47
Gráfica 2 Géneros vs. N° de individuos recolectados en las estaciones E3, E4 y E5....	48
Gráfica 3 Géneros vs. N° de individuos recolectados en las estaciones E6 y E7	48
Gráfica 4 concentracion de coliformes por cada estación de muestreo	62
Gráfica5 Comparación de las concentraciones de coliformes fecales y totales en las épocas de lluvias y sequia	63
Mapa 1; Localización del área de estudio	5
Mapa 2; Mapa de calidad de agua sobre las estaciones de muestreo	56

INDICE DE FIGURAS

FIG 1; Maqueta parque lineal del río Guatapuri a lo largo del Balneario Hurtado	31
FIG 2 ,3; Las estaciones E1 y E2 presentan gran abundancia en algas adheridas a rocas ubicadas en el centro del rio donde el cauce es mayor	33
FIG 4; captaciones de aguas para las fincas aledañas al Balneario Hurtado.....	33
FIG 5; turistas que visitan el balneario, y parte del parque lineal que delimita el Balneario Hurtado	34
FIG 6; El parque ecológico.....	34
FIG 7; la utilización de las redes para los muestreos.....	35
FIG 8; análisis de muestras y posteriormente conservadas con alcohol al 70% en envases de ampolletas	39
FIG 9. Medición in situ de oxígeno disuelto.....	60
FIG 10; Familia Blephariceridae	98
FIG 11; Familia Odontoceridae	98
FIG 12; Familia Perlidae	98
FIG 13; Familia Lymnessiidae	98
FIG 14; Familia Calamoceratidae	98
FIG 15; Familia Psephenidae.....	98
FIG 16; Familia Leptophlebiidae.....	99
FIG 17; Familia Philopotamidae	99
FIG 18; Familia Gerridae.....	100
FIG 19; Familia Leptoceridae	100
FIG 20; Familia Palaemonidae	100
FIG 21: Familia Veliidae.....	100

FIG 22; Familia Lestidae.....	100
FIG 23; Familia Pseudothelpusidae.....	100
FIG 24; Familia Leptohypidae	101
FIG 25; Familia Planariidae	101
FIG 26; Familia Coenagrionidae.....	101
FIG 27; Familia Glossossomatidae	101
FIG 28; Familia Hydropsychidae	101
FIG 29; Familia Naucoridae.....	102
FIG 30; Familia corixidae.....	102
FIG 31; Familia Libellulidae.....	103
FIG 32; Familia Corydalidae	103
FIG 33; Familia Aeshnidge	103
FIG 34; Familia Elmidae (Larva).....	103
FIG 35; Familia Elmidae (Adulto).....	104
FIG 36; Familia Lutrochidea	104
FIG 37; Familia Limnichidae.....	104
FIG 38; Familia Nepidae	105
FIG 39; Familia Planorbiidae.....	105
FIG 40; Familia Pyralidae	105
FIG 41; Familia Hydrometridae	105
FIG 42; Familia Physidae	106
FIG 43; Familia Chironomidae	106

GLOSARIO

AGUA CONTAMINADA. Presencia en el agua de material dañino e inconveniente obtenido de las alcantarillas, desechos industriales y del agua de lluvia que escurre en concentraciones suficientes y que la hacen inadecuada para su uso.

AGUA DULCE. Agua que generalmente contiene menos de 1000 miligramos por litro de sólidos disueltos.

AGUA DURA. Agua alcalina que contiene sal disuelta que interfieren con algunos procesos industriales e impiden que el jabón haga espuma.

AGUAS NATURALES. Agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, de tormenta residual y superficial.

AGUA RESIDUAL. Agua contaminada no purificada, proveniente de las unidades industriales, de los hogares o agua de lluvia contaminada por los asentamientos urbanos.

ALCALINIDAD. Capacidad cuantitativa de los medio acuosos para reaccionar ante los iones hidróxidos. La alcalinidad es un fenómeno que representa la capacidad de neutralización ácida de un sistema acuoso.

ALÓCTONO. Originado en otro lugar. Es el concepto opuesto a autóctono. En ecología se aplica a poblaciones establecidas en una zona pero originarias de otras. En geología se aplica a formaciones (por ejemplo mantos de corrimiento) volcados sobre un sustrato autóctono y con raíces a veces muy distantes

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra <sic> para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

BENTÓNICO: En los ecosistemas marinos o de agua dulce, conjunto de organismos que viven en los fondos, fijados o no al sustrato

BIOINDICADORES: Organismos cuya presencia, ausencia o distribución está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Los organismos bioindicadores tienen interés científico en la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental, por ejemplo en estudios de contaminación.

BMWP (Biological Monitoring Working Party): Índice biológico británico modificado y adaptado a las características geomorfológicas y climáticas de los ríos. Este índice da puntuación a 131 familias de macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación. La suma de los valores de todas las familias identificadas da un valor final del índice que nos permite clasificar los puntos de control en 5 clases, cada una de las cuales corresponde a un nivel diferente de calidad ecológica de las aguas

CALIDAD DEL AGUA: Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA: Es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

CAUDAL. Cantidad de agua que mana o corre por unidad de tiempo

CICLO DEL AGUA. El calor del sol evapora el agua de la tierra y de los cuerpos de agua; este vapor de agua (gas), siendo más ligero que el aire, sube hasta alcanzar el nivel superior más frío del aire, donde se condensa en forma de nubes. Además, la condensación produce precipitación la cual cae a la tierra como lluvia, aguanieve o nieve. Algo de agua es retenida por el suelo y algún escurre regresando a los ríos, lagos y océanos; a esta secuencia de eventos climatológicos se le llama ciclo del agua.

CONCESIÓN DE AGUAS. Otorgamiento gubernativo que autoriza el volumen de agua que un sistema de riego podrá aportar y distribuir a su zona regable durante un tiempo prefijado. La concesión deberá ser establecida con una cierta garantía y se materializara en una dotación real en función de los recursos hídricos disponibles.

CONDICIONES CLIMÁTICAS LOCALES. Es un factor de corrección que se aplica a la evapotranspiración por las variaciones climatológicas producidas de un año a otro.

CONDUCCIÓN. Transporte del agua de una parte a otra. Conjunto de conductos dispuestos para el paso del agua.

CONTAMINACION: es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún desequilibrio, irreversible o no, en el medio inicial.

CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA. Agua que generalmente se usa para beber, para la recreación, la agricultura, la propagación y producción de peces y de otras

especies acuáticas, para los procesos industriales y agrícolas. Los niveles específicos de la calidad del agua deseable para usos identificados como benéficos, son llamados "criterios de la calidad del agua".

DESCARGA: Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

MACROINVERTEBRADO ACUATICO. Todos aquellos organismos que por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de ojos de malla entre 250-300 μm . El 80% corresponden a grupos de artrópodos y dentro de estos los insectos son los más abundantes.

MEDICIÓN: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

MUESTRA SIMPLE: La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

MUESTREO: es una técnica usada en estadística que es indispensable en la investigación científica para seleccionar a los sujetos a los que les aplicaremos las técnicas de investigación elegidas, según el enfoque en que se trabaje (cuantitativo, cualitativo o mixto) En la mayoría de los proyectos de investigación utilizamos una muestra, y es importante reconocer aquellas definiciones que nos ayudarán a hacer un correcto proceso de muestreo, como también conocer los tipos de muestreo según la selección y el procedimiento

PARÁMETRO. Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

pH. Medida de acidez o de alcalinidad de una sustancia líquida o sólida. Un valor pH de 0-7 describe acidez y de 7-14 indica alcalinidad, mientras que pH=7 indica neutralidad. El pH en un medio incide en la forma de sus sustancias componentes.

PLUVIOSIDAD. Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un periodo determinado de tiempo, intensidad de lluvia.

RESILIENCIA. indica la capacidad de estos de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado. En ese sentido, se observa que comunidades o ecosistemas más complejos (que poseen mayor número de interacciones entre sus partes), suelen poseer resiliencias mayores ya que existen una mayor cantidad de mecanismos autoreguladores.

RECURSOS RENOVABLES. Recursos que se regeneran por procesos naturales, por lo que su utilización no implica una disminución irreversible si la tasa de consumo no supera a la tasa de formación. Son recursos renovables el oxígeno, los productos agrícolas y forestales y los recursos hídricos.

REDES TRÓFICAS. En un ecosistema, circuitos de interrelación entre las especies por las que circulan la materia y la energía, con una organización mucho más compleja que la representada por la pirámide trófica que es una síntesis de los niveles tróficos, más global y esquemática.

SEDIMENTOS. Materiales procedentes de la destrucción de las rocas de la superficie terrestre por la meteorización, la erosión, o ambos y que son depositados a veces in situ o, más frecuentemente, a distancia, después de ser transportados por un agente geológico externo como el viento, el hielo o el agua. La sedimentación puede consistir en el simple depósito de partículas por gravedad, o pueden intervenir procesos químicos como la precipitación de sustancias a partir de disoluciones, o incluso biológicos como en los sedimentos de origen orgánico.

SOBRESATURACIÓN HÍDRICA. Inundación y sobre irrigación natural que conlleva niveles de agua subterránea a la superficie, desplazando el aire en el suelo con cambios respectivos en los procesos del suelo y de acumulación de sustancias tóxicas que impiden el crecimiento de las plantas.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST). Sólidos constituidos por sólidos sedimentales, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidas en el elemento filtrante.

SÓLIDOS TOTALES (ST). Suma de los sólidos suspendidos totales, sales disueltas y materia orgánica.

SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES (SVT). Cantidad de materia orgánica (incluidos aquellos inorgánicos) capaz de volatilizarse por el efecto de la calcinación a $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 15 min a 20 min.

TURBULENCIA. Conducción propia del régimen de movimiento con fluctuaciones rápidas que se superponen al movimiento de transporte.

USO DEL AGUA FUERA DE SU CURSO. Agua apartada o desviada de una fuente superficial o subterránea, para el suministro público, industrial, de irrigación ganadera, generación de energía termoeléctrica u otros.

VERTEDERO. Lugar donde se depositan residuos de origen urbano o industrial. Puede tratarse únicamente de una acumulación incontrolada, con los consiguientes riesgos de incendio, sanitarios y ambientales, o de una instalación o vertedero controlado donde los residuos reciben algún tipo de tratamiento o almacenamiento.

VERTIDO. Acción y efecto de verter. En su afección ambiental se utiliza para designar la corriente de desperdicios, ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, que se introduce en el medio ambiente.

VERTIMIENTOS: son los que se realizan directa e indirectamente en los causes cualquiera que sea la naturaleza de estos.

RESUMEN

Martínez, N: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL BALNEARIO HURTADO, RIO GUATAPURÌ, UTILIZANDO LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES, VALLEDUPAR-CESAR.

Entre junio y septiembre, temporada seca y de lluvias, de 2009 se realizó un estudio Limnológico en el Balneario Hurtado, Rio Guatapuri de la ciudad de Valledupar, en siete estaciones: aguas arriba estaciones **E₁** y **E₂**; Balneario Hurtado **E₃**,**E₄** y **E₅**; aguas abajo **E₆** y **E₇**. El objetivo fue evaluar la calidad del agua del Balneario Hurtado, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua; revalidar los resultados a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos, aplicando índices de contaminación ICO/Col, que posteriormente permitirían concluir si el Balneario cumple con criterios de calidad estipulados (decreto 1594 de 1984) para destinación como recurso recreativo de contacto primario y secundario.

La colecta muestral se llevó a cabo según el método *Kick Sampling* (Fide, 1989), con los datos registrados se aplicó el índice BMWP/Col, según Roldán, 2003. Para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron una muestra simple en cada estación.

Los resultados revelaron que las estaciones muestreadas, según los valores arrojados por el índice BMWP/Col, corresponden a aguas muy limpias. Según las variables fisicoquímicas estudiadas esto es ratificado; las microbiológicas determinaron que las estaciones **E₄**,**E₅**, **E₆** y **E₇** incrementaron los valores de coliformes totales (NMP) en comparación con las estaciones **E₁**,**E₂** y **E₃**; esto debido a la actividad recreacional del balneario y por la materia orgánica que es depositada por los bañistas favoreciendo el crecimiento de microorganismos bacterianos influyentes en la calidad del agua. Los índices ICO/Col, demostraron al igual que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que la utilización de macroinvertebrados acuático y el índice BMWP/Col son una herramienta de mucha importancia para la evaluación integral de la calidad del agua.

Con los resultados de parámetros fisicoquímicos se concluye que estas aguas son aptas para uso recreacional por contacto primario y secundario.

PALABRAS CLAVE: Bioindicadores, Macroinvertebrados, Calidad del Agua, Balneario Hurtado, Valledupar.

ABSTRACT

Martínez, N: EVALUATION OF THE QUALITY OF THE WATER OF THE STOLEN SPA, GUATAPURÌ LAUGHS, USING THE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS LIKE BIOINDICATOR, TO VALLEDUPAR-CESAR.

Between June and September, dry season and of rains, of 2009 he/she was carried out a study Limnológico in the Stolen Spa, Guatapuri of the city of Valledupar Laughs, in seven stations: you dilute up you park E1 and E2; Stolen spa E3,E4 and E5; you dilute E6 and E7 below. The objective was to evaluate the quality of the water of the Stolen Spa, using aquatic macroinvertebrados as bioindicadores of the quality of the water; to confirm the results through analysis fisicoquímicos, microbiológicos, applying indexes of contamination ICO/Col that later on they would allow to conclude if the Spa fulfills specified approaches of quality (decreto1594 of 1984) for destination like recreational resource of primary and secondary contact.

The collection muestral was carried out according to the method Kick Sampling (Fide, 1989), with the registered data you applies the index BMWP/Col, according to Roldán, 2003. For the parameters fisicoquímicos and microbiológicos they took a simple sample in each station.

The results revealed that the stations muestreadas, according to the values hurtled for of the index BMWP/Col, they correspond to very clean waters. According to the variable studied fisicoquímicas this is ratified; the microbiológicas determined that the stations E4,E5, E6 and E7 increased the values of total coliformes (NMP) in comparison with the stations E1,E2 and E3; this due to the activity recreacional of the spa and for the organic matter that is it deposits for the swimmers favoring the growth of influential bacterial microorganisms in the quality of the water. The index ICO/Col, demonstrated the same as the parameters fisicoquímicos and microbiológicos that the use of aquatic macroinvertebrados and the index BMWP/Col are a tool of a lot of importance for the integral evaluation of the quality of the water.

With the results of parameters fisicoquímicos you concludes that these waters are capable for use recreacional for primary and secondary contact.

KEYWORDS: Bioindicadores, Macroinvertebrados, Quality of the Water, , Stolen Spa, Valledupar

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua, al igual que la belleza, son términos difíciles de definir, imposibles de medir en términos absolutos, y como un concepto abstracto, es muy subjetivo. Se han hecho muchos intentos para inferir clasificaciones descriptivas de calidad de agua pero la inherente simpleza de esta aproximación puede ilustrarse considerando como ejemplo el agua destilada ¿Es de alta o baja calidad? Instintivamente una posible respuesta sería “alta” puesto que claramente no contiene tóxicos ni contaminantes. Pero lo que es excelente para calderas industriales o lavanderías, puede no ser adecuado para consumo humano o pesqueras y las sustancias disueltas que son indeseables para ciertos proyectos comerciales son esenciales para los organismos acuáticos, el ser humano y su ganado. A la inversa, el agua podría contener compuestos tóxicos, los cuales tienen pocas consecuencias en procesos industriales, Hellawell, 1978.

Alba-Tercedor, (1996), también indica que el término “calidad” referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. De modo que, y a título de ejemplo, mientras que las aguas fecales en ningún caso podríamos considerarlas de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo, por su alto contenido de materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales, o de plantaciones forestales. Del mismo modo, aguas de alta montaña, que intuitivamente podríamos asociarla con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed (por su bajo contenido en sales) y por su bajo pH que le confiere un carácter corrosivo del esmalte dental.

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (Bartram y Ballance, 1996). Por tal motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios fisicoquímicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad (Laws, 1981). La combinación del rápido crecimiento poblacional humano, la industrialización y la urbanización son causas directamente asociadas a la contaminación del agua (Courtemanch et al., 1989).

En un inicio la calidad del agua se evaluó mediante datos fisicoquímicos, donde estos analizan básicamente los efectos de la contaminación a corto plazo. Sin embargo, desde principio del siglo pasado, los métodos biológicos para determinar la calidad del agua se desarrollaron ampliamente en Europa, donde en la década de los años 50 se aceleró el avance de estos estudios, identificando las respuestas que ofrecen plantas y animales como evidencia directa de la contaminación (Figuroa et al., 1999). Por medio de estas investigaciones se encontró que los organismos indicadores de la calidad del agua determinan los efectos de los impactos en el ecosistema acuático a través de un tiempo más prolongado. La información biológica generada, a partir de los también llamados bioindicadores, no reemplaza los análisis fisicoquímicos, pero se reduce costos por lo

que estos estudios son importantes en el monitoreo de la calidad del agua (Chapman, 1996).

Algunos organismos tienen un intervalo muy amplio de tolerancia hacia las condiciones ambientales que se presentan en el hábitat, dependiendo en gran medida del grado de contaminación en el sitio (Whiton, 1975). Basado en este concepto, el empleo de bioindicadores es una técnica ecológica que se sustenta en la medición de la diversidad y presencia o ausencia de organismos específicos (De La Lanza et al. 2000). El método BMWP (Biological Monitoring Working Party) el cual ha sido adoptado por la Comunidad Europea para el monitoreo de sus corrientes y que ha sido adaptado para Colombia bajo el nombre de BMWP/Col por Roldán, 2003, sirvió para la determinación de la calidad del agua del Balneario Hurtado, Rio Guatapurí de la ciudad de Valledupar-Colombia estudio que se llevó a cabo entre los meses de junio y septiembre de 2009 comprendiendo temporada de sequía y lluvia de esta región del país.

Se muestrearon siete estaciones ubicadas de la siguiente manera: aguas arriba (del puente de concreto hacia el occidente hasta los 0,7Km) las estaciones **E₁** y **E₂**; en el Balneario Hurtado (área comprendida por el parque lineal sobre la margen derecha del Rio Guatapurí, 1,250Km), las estaciones **E₃**, **E₄** y **E₅**; y aguas abajo (posterior al parque lineal hasta los 0,7Km) **E₆** y **E₇** y que se encuentra ubicadas en el Rio Guatapurí del municipio de Valledupar Departamento del Cesar, Colombia, con el objetivo de evaluar la calidad del agua que presenta el balneario hurtado. Se utilizó métodos de captura cuantitativos y cualitativos para los parámetros biológicos, macroinvertebrados acuáticos, y en base a su clasificación por familias se calculo el índice BMWP/Col. Se midieron igualmente parámetros fisicoquímicos como: oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitritos, fosfatos y conductividad entre otros y en cuanto a la parte microbiológica se hizo un recuento de NPM de coliformes totales y coliformes fecales con estos últimos datos se realizó la comparación con los obtenidos con el índice BMWP/Col, y a su vez este fue comparado con los índices de contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO y ICOPH. En el presente estudio se presenta un mapa de calidad del agua de los tramos estudiados teniendo en cuenta criterios fisicoquímicos y biológicos.

Este trabajo investigativo también tiene por finalidad dar a conocer la importancia de los bioindicadores acuáticos como una herramienta alternativa y de mucha importancia para la evaluación, integral, de la calidad del agua en esta región del país debido a que son muy escasos los estudios de calidad de agua en los que estos se hayan implementado especialmente en Valledupar.

Como apunta Margalef (1.955): "los organismos son reactivos delicadamente sensibles, no sólo a los factores que sabemos analizar más o menos toscamente, sino a un complejo que incluye otros agentes en los que quizá no pensamos o que no son asequibles a la investigación directa, más a la interacción de los diversos factores, que, por lo regular, escapa al análisis corriente. Añádase que los organismos reflejan un sistema temporal de condiciones y no las condiciones momentáneas que nos proporciona un análisis físico-químico"

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los macroinvertebrados bentónicos que se encuentran en el Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, y que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua de este sitio implementando el método BMWP/Col según Roldan, 2003?

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 DELIMITACION ESPACIAL

ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe Colombiana, a orillas del río Guatapuri, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá, **ver tabla N° 1** posición astronómica y limites de Valledupar. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m a sur, siendo la altitud media de 168 m; A nivel térmico Valledupar es la ciudad de Colombia con la temperatura media más elevada si se tienen en cuenta sólo las capitales departamentales según el IDEAM; Las precipitaciones son moderadas en torno a 1.000 mm anuales, repartidos entre abril y noviembre con máximas en mayo y octubre; El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical.

El territorio del municipio de Valledupar es regado por los ríos Cesar, Badillo, Guatapuri (con su afluente el río Donachuí), Ariguaní, Cesarito, Rio Seco, Diluvio y Mariangola. El valle del río Cesar cubre la mayor parte de la superficie del municipio.

Tabla N°1. Posición astronómica y limites del municipio de Valledupar - Cesar

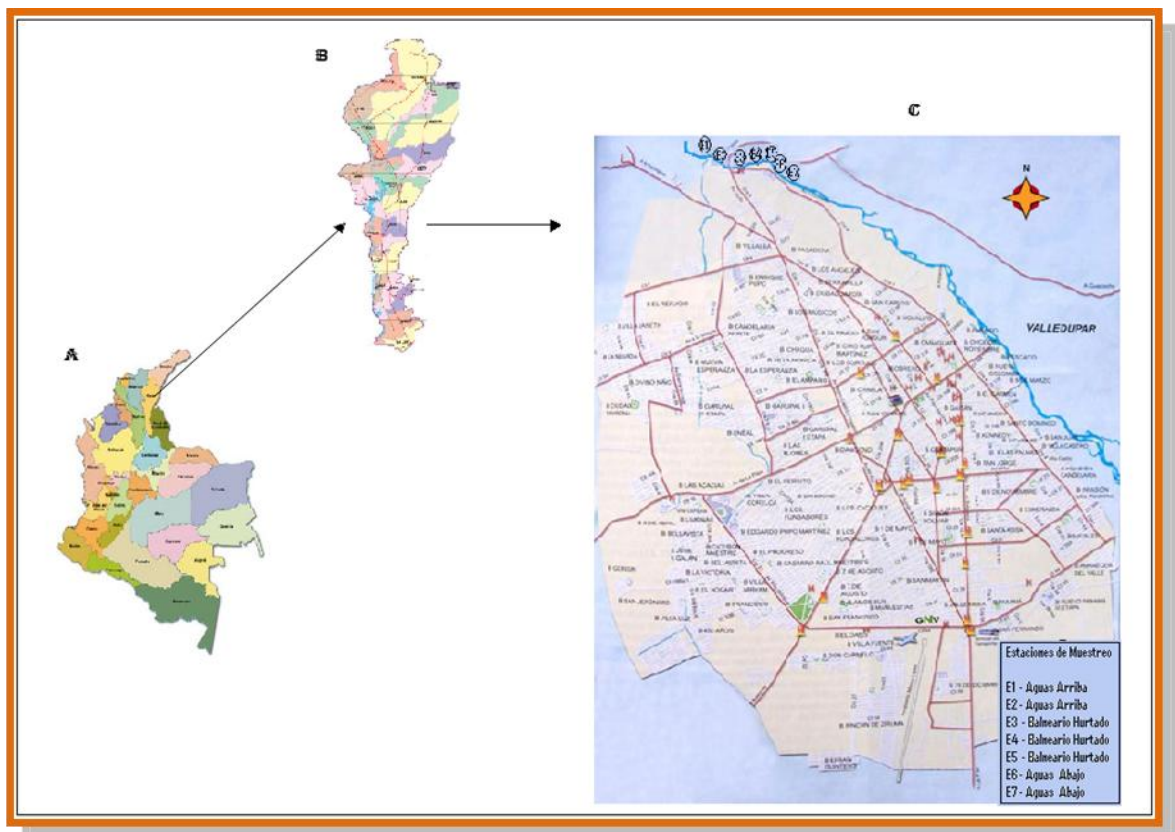
POSICION ASTRONOMICA	LIMITES
LATITUD: 07°41'16'' y 10°52'14''	NORTE: departamentos de Magdalena y La Guajira
LONGITUD: 72°53'27'' y 74°08'28''	SUR: departamentos de Norte de Santander y Santander
AREA: 22.905 km ²	ESTE: la República de Venezuela y el departamento de Norte de Santander
TEMPERATURA MEDIA: 39° C	OESTE: departamentos de Bolívar y Magdalena

Este proyecto se realizó en el Balneario Hurtado del río Guatapuri.

RÍO GUATAPURÍ.

Su nombre proviene de la lengua **chimila** y significa "agua fría". 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 Valledupar.

A su paso por el norte de **Valledupar** se encuentra el balneario de 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 Pitillal. Visitantes propios y extraños se citan cada fin de semana en el balneario Hurtado. En este mismo sitio se encuentran el Pueblito Vallenato y el parque Lineal. Además, alimenta al acueducto de dicha ciudad, ver mapa 1.



Mapa 1; Localización del área de estudio. A. República de Colombia, B. Departamento del Cesar. C. Ciudad Valledupar, sitios de muestreo: encima del puente de concreto del Balneario, se denominaron como E1 y E2; en el sitio conocido como Balneario Hurtado se ubicaron tres estaciones, E3, E4 y E5 y en la parte baja del parque ecológico del balneario, se ubicaron dos estaciones de muestreo las cuales se denominaron E6 y E7.

2.2 DELIMITACION CRONOLÓGICA

Este proyecto se realizó entre los meses de junio y septiembre de 2009 garantizando así las épocas de sequia (junio y julio) y de lluvias (agosto y septiembre)

Cabe recordar que para este año se presentó el fenómeno del niño en nuestro país (IDEAM, 2009) Colombia, y que la temporada de lluvias que se dan entre los meses de agosto y noviembre no fue muy marcada como en anteriores años en los cuales dicho fenómeno no se manifestó. Sin embargo, se pretende contrastar en este estudio épocas de sequia y épocas de lluvia, para esta última se recolectaron muestras en los días que se presentaron precipitaciones con cierta frecuencia.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este problema que se nos presenta en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta; la escasez y contaminación del agua, este vital líquido obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la población no solo de una localidad en particular sino a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo algunas organizaciones resultarían insuficientes.

La calidad del agua es fundamental para el alimento, la energía y la productividad. El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido éste como una gestión integral que busque el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental a través de un mecanismo regulador que es la participación social efectiva. Su escasez, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, la sitúan como prioridad vital para el desarrollo de las poblaciones: "si no hay agua, no hay vida". Muchos son los programas emprendidos para el uso racional del vital líquido; sin embargo; gran parte de ellos adolecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación o por el elevado costo que representan; es más, se ataca el problema desde puntos de vista sofisticados (se piensa que el modelo más complicado es el mejor); sin embargo existen oportunidades valiosas que están a nuestro alcance, que solo requieren ser visualizadas, un tratamiento técnico simple y "conciencia de todos".

Adicionalmente, la contaminación causada por los efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las prácticas del uso del suelo, está reduciendo notablemente la disponibilidad de agua utilizable. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, es decir, mil quinientos millones de personas, que principalmente habitan en los PED (Países en Desarrollo) sufren escasez severa de agua limpia, lo que ocasiona que en el mundo haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades hídricas.

Lo que se pretende en este proyecto es inventariar los macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas que se encuentran en el Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, de Valledupar, debido a que son bioindicadores de la calidad del agua que permitirán diagnosticar la calidad del agua este sitio, aplicando el método BMWP-Col. El interés por conocer el diagnostico de la calidad del agua de este balneario ha sido motivado por las siguientes situaciones que se presentan desde hace algún tiempo:

1. No existen monitoreo o estudios importantes de carácter científicos como análisis fisicoquímico o de bioindicadores que permitan evaluar el estado de las aguas, las sustancias que se hallan disueltas en estas, la influencia o efectos de la actividad recreacional. Todo esto sugiere el establecimiento de un sistema de bioindicadores (macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas) adecuado para el monitoreo de este recurso acuático que proporcione resultados objetivos acerca de las condiciones del agua en el que se recrean los "vallenatos" y turistas. Esto no quiere decir que se sustituya o que ya son obsoletos los métodos tradicionales de análisis fisicoquímicos, pero su implementación en gran medida, simplifica las actividades de campo y laboratorio, ya que solo requiere de la identificación y la cuantificación de los

organismos, basados en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua.

2. Los macroinvertebrados acuáticos son generalmente abundantes, fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del microscopio, o cuando menos se prescinde de infraestructura sofisticada. Presentan las siguientes ventajas, los macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas, de acuerdo a (Rosenberg y Resh, 1996), son:
 - a) prácticamente universales.
 - b) Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
 - c) son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
 - d) Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus, entre otros.
 - e) Son apreciables a simple vista.
 - f) Se pueden cultivar en el laboratorio.
 - g) son extremadamente sensibles a perturbaciones.
 - h) presentan largos ciclos de vida.
 - i) muestran una respuesta inmediata ante un determinado impacto.
 - j) existe un patrón de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas.
 - k) existen métodos de evaluación y conocimiento sobre taxonomía para algunas regiones.
 - l) varían poco genéticamente.
3. Las personas que asisten diariamente al lugar arrojan desechos de tipo orgánico como residuos de alimentos y bebidas producto de la elaboración de comida en este sitio. Es evidente la presencia de jabones y detergentes que algunas personas utilizan y el baño de mascotas como perros y el lavado de los utensilios de cocina que han sido utilizados en la preparación de sus “sancochos” y asados.
4. Para estas “cocinas” las personas utilizan leña extraída de la vegetación propia de este ecosistema. Incluso, algunas personas tienen por oficio vender leña que han cortado de árboles vivos que se encuentran en las riveras del río, originándose finalmente cenizas que luego a través de las escorrentías superficiales provocada por la lluvia se incorporan y disuelven en el agua del balneario con lo que se puede estar incrementando (no se ha determinado en qué medida) la materia orgánica, los sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos sedimentables
5. Se ha podido observar que por falta de canecas cercanas a las márgenes del río, la cantidad de botellas y bolsas plásticas, de diferentes tipos de moléculas orgánicas, son depositadas o llegan al río por la acción del viento o por los mismos bañistas. Luego estas son arrastradas por la corriente, pero cierta cantidad se precipita permitiendo que se aumente en el agua la materia orgánica en descomposición y se facilite la formación de lodo que pueda favorecer la presencia de algunos tipos macroinvertebrados y otros vectores sanitarios adaptados a estas condiciones. Entre

los residuos sólidos inorgánicos que son arrojados al río se encuentran latas de bebidas, botellas de vidrio y fragmentos de estas últimas.

por estas razones se hace necesario realizar una evaluación del grado de contaminación del balneario Hurtado, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua porque es económico, práctico y rápido, para que las autoridades ambientales y sobre todo las municipales tomen medidas sobre el conocer el daño ecológico que se le hace a las comunidades bióticas que allí residen o que dependen de este debido a él vertimientos y los residuos sólidos que se arrojan a este cuerpo de agua y que además la comunidad valduparence y los turistas merecen un balneario que cuente con aguas limpias porque este es uno de los sitios en el cual las familias desean pasar un fin de semana recreativo.

1.4 OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar la calidad del agua del Balneario Hurtado, río Guatapuri, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua y además revalidar los resultados obtenidos a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de los índices de contaminación ICO/Col, que posteriormente permitirán concluir si este balneario cumplen con los criterios de calidad estipulados en el decreto 1594 de 1984 para su destinación como un recurso recreativo de contacto primario y secundario.

ESPECIFICOS

- Caracterizar las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos que se encuentran en el balneario hurtado así como las que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de este.
- Determinar la calidad del agua, del balneario hurtado, aguas arriba y aguas abajo a partir de la presencia de las familias de macroinvertebrados bentónicos, allí identificados, utilizando el índice biológico BMWP/ para Colombia.
- Comparar los resultados obtenidos de la calidad del agua arrojados por los bioindicadores caracterizados con los de análisis fisicoquímicos y microbiológicos determinados.
- Aplicar los índices de contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, ICOpH y comparar los resultados obtenidos con los arrojados por el índice BMWP/Col.
- Verificar, basado en el decreto 1594 de 1984, si el agua del balneario cumple para fines recreativos de contacto primario y/o secundario
- Discutir y proponer, a las autoridades ambientales y municipales, medidas de mitigación sobre los factores de contaminación de este tramo del afluente.

2.0 MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Durante los últimos 200 años el hombre ha acelerado los procesos de eutrofización modificando tanto la calidad de las aguas, como la estructuras de las comunidades biológicas debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua (Burkholder, 2001). Aun cuando la contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas, y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (Toro et al, 2003).

Se han realizados estudios a nivel mundial, sobre Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la calidad de agua, entre ellos se destacan España, El salvador, Cuba, Perú, Brasil y Colombia.

Alonso y Camargo (2005) realizaron estudios sobre el estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles, los ríos españoles reciben vertidos contaminantes de naturaleza muy diversa. En este estudio los autores demostraron que los macroinvertebrados acuáticos son una herramienta eficaz para valorar perturbaciones causadas por la contaminación por materia orgánica, la eutrofización y las actividades mineras. Y cada vez son más frecuentes en España los trabajos científicos que emplean esta comunidad como bioindicadoras.

Estudios sobre Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima, Perú. Concluyeron que estas aguas presentan niveles fuertemente contaminadas o de calidad muy crítica, sugiriendo el método, en ambientes donde impera la degradación ambiental e inminente considerarlo donde hay efectos antrópico lo cual puede alterar la comunidad biótica y evidentemente determina su distribución y estructura. (Paredes, 2005)

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos empleados como indicadores de calidad de agua de cursos loticos vienen incrementándose en estos últimos años en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos (Bay 1974, Brown *et al.* 1997, Cole 1998, Wetzel y Likens 2000, Acosta 2001, Marques *et al.*, 2001). A diferencia de los rutinarios y costosos análisis físicoquímicos y microbiológicos, que tan sólo proporcionan

información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporcionan una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (Huryñ & Wallace 2000, Baptista *et al.* 2001, Galdean *et al.* 2001, Rogers *et al.* 2002).

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por el cuál, son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (Leslie *et al.* 1999, Royer *et al.* 2001, Ogbeibu & Oribhabor 2002). El Perú es uno de los países Neotropicales que enfrenta serios problemas de contaminación de sus ríos de acuerdo a los estudios realizados con macroinvertebrados (Carrasco *et al.* 2001, Chaves *et al.* 2002).

MUÑOZ, (2005) realizó estudios sobre Macroinvertebrados bioindicadores de la calidad del agua en Cuba, quien fue el primero en realizar este tipo de estudios en este país; se planteó un uso de índices biológicos que no requirieran del conocimiento de la fauna a un nivel específico, que es compensado con un buen conocimiento de las familias más importantes. Por tanto trazó como objetivo determinar las familias bioindicadoras de la calidad de agua en ríos cubanos y sus valores de tolerancia a la contaminación, aplicando el índice BMWP-Cu y validándolo con datos obtenidos en investigaciones realizadas. Afirmando que la metodología propuesta en esta investigación para el cálculo del índice BMWP-Cu, por la fiabilidad de los resultados obtenidos, la rapidez de su obtención y la facilidad de su utilización, la convierte en una magnífica herramienta para determinar la calidad de los cuerpos de aguas corrientes en Cuba, con un importante ahorro tanto económico como de tiempo.

De los países de sur América, Colombia en los últimos años ha presentado estudios de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua en sus afluentes.

El uso de Macroinvertebrados acuáticos (MAIA) constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema, “un especialista del agua (ecólogo acuático), que al igual que un especialista clínico, conozcan los métodos y los equipos que le permitan hacer una evaluación más certera del cuerpo en estudio” (Roldán, 1996)

Zúñiga de Cardozo *et al.*, (1994) realizaron un estudio sobre bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Cauca (Valle, Colombia). En este estudio se propone una puntuación para las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP modificado y adaptado para la fauna local. La puntuación asignada a cada familia se basa en los estudios realizados por Armitage *et al.*, (1992), Alba-Tercedor (1996) y Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor (1996). Tiene la ventaja de que esta elaborada con base en familias encontradas en Colombia (Valle del Cauca) y es un punto de partida para su aplicación en otras regiones de Colombia.

Giacometti - Bersosa, (2006) realizaron un estudio sobre Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi –Antioquia. Al realizar la evaluación tanto biológica como fisicoquímica se concluye que para el año 2001 la calidad del agua del río Alambi en un contexto general es de buena calidad con igualmente buena capacidad de auto-depuración y apta para ser preservada y utilizada como un recurso para la conservación de la flora y fauna de la zona.

Angulo, j. y Rengifo, j. (2003), realizaron un estudio sobre Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización "el tarullal", municipio de Valledupar, departamento del cesar, Colombia; utilizando los macroinvertebrados acuáticos y aplicando el índice BMWP en 8 estaciones de muestreo distribuidas en las Lagunas Anaeróbicas, Facultativas y sobre el Río Guatapurí, receptor de los vertimientos. Se utilizó el esquema metodológico de Roldan (1988) presentando una cantidad considerable de macroinvertebrados (20 géneros, 12 familias) indicadores de mala calidad de aguas.

Núñez, J.C. (2008), realizo un estudio sobre Caracterización biológica (macroinvertebrados acuáticos) del sistema de tratamiento de aguas residuales el salguero de la ciudad de Valledupar al igual que su fuente receptora - rio cesar; los resultados demostraron que las aguas de las lagunas anaeróbicas son fuertemente contaminadas de calidad muy crítica, las aguas de las lagunas facultativas son muy contaminadas de calidad crítica y las lagunas de maduración son de aguas contaminadas de calidad dudosa demostrando así que el sistema de lagunas funciona correctamente y que Según los resultados obtenidos al aplicar el índice BMWP el tramo comprendido en el área de influencia del vertimiento es de calidad aceptable.

Basados en los estudios realizados para Antioquia, a partir de la década de 1980, (Roldán, 1988), propone un índice BMWP para Antioquia; con base en ellos publica el método BMWP para Colombia (Roldán, 2003) y presenta un listado de las familias y la puntuación dada a cada una de ellas

MARCO DE REFERENCIA

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DULCEACUICOLAS.

Los macroinvertebrados son los organismos que se han utilizado en mayor proporción, para todo lo relacionado con los niveles de contaminación de aguas ya que se caracterizan por ser sedentarios, lo que permite que estos se vean directamente afectados por cualquier tipo de sustancia que perturbe la integridad de su nicho, y además, por su tamaño, superior a 0.5 mm de Los macroinvertebrados longitud, se tornan como organismos de fácil recolección y manejo. "El prefijo macro denota que esos organismos pueden ser recolectados por redes de tamaños entre 200–500 mm"(Rosenberg y Resh, 1993).

Los macroinvertebrados son reconocidos como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas, debido a : (GRUPO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2009)

- Son razonablemente sedentarios, ya que debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas.
- Tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que nos permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo.
- Abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico.
- Tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos.

Se debe tener en cuenta que los macroinvertebrados rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, túriculos o compartimientos (Villani, 1999); afectan procesos de manera directa (incorporación y redistribución de varios materiales) o indirecta (formación de comunidades microbiales, transporte de propágulos, antibiosis o reducción selectiva de la viabilidad, etc.). Sin embargo, la contribución de la macrofauna en el ciclo del carbono y nitrógeno no es tan alta debido a los altos tiempos de consumo y generación de sustancias con elevada relación: carbono nitrógeno (Wolters, 2000). Lo que hace de estos organismos, engranes relevantes en la ecología de los sistemas acuícolas.

Las respuestas de las comunidades de estos organismos, a las perturbaciones ambientales, son útiles para determinar y medir el impacto de los diferentes modos de contaminación, residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos de otros usos del suelo sobre los cursos de aguas superficiales.

"Con la realización de estos estudios, se llevan a cabo Índices Bióticos, basados en la ordenación y ponderación de las especies de macroinvertebrados presentes en las aguas según su tolerancia a la contaminación orgánica. Entre los existentes se destaca el IBGN, índice biológico general normalizado, y el BMWP, biological monitoring working party." (Grupo De Tratamiento De Aguas Residuales Universidad De Sevilla, 2009). Esto hace necesario, la clara tipificación de cada una de las familias, según su distribución y caracteres biológicos que determinen las distintas proporciones en que se encuentren según el grado de perturbación del hábitat.

Además, se debe tener en cuenta factores del agua, en los sitios de muestreo, tales como las siguientes variables: (a) parámetros fisicoquímicos de la columna de agua: pH,

conductividad eléctrica, sólidos disueltos, temperatura (pH/Ce/TDS Hanna) y oxígeno disuelto (oxigenómetro Hanna); (b) Parámetros físicos del río: orden del río, pendiente, ancho del río, profundidad promedio, velocidad media, tipología de la vegetación ribereña, % de sustrato presente, tamaño máximo y medio de bolones (Oyanedel, 2008). Recuérdese que la presencia de macroinvertebrados varía significativamente dependiendo del uso del suelo y la estabilidad de las condiciones ambientales del ecosistema, particularmente insolación (temperatura), humedad relativa, arquitectura de la vegetación (estratificación) y aporte de fitomasa en degradación. Debido a su estructura y antigüedad, el cafetal con sombrero rivalizó, en población y biomasa de macroinvertebrados, con el sistema forestal en estado de sucesión temprana (Vélez, 2007).

De acuerdo con el panorama ecológico en el que se aborda el estudio de los macroinvertebrados acuáticos, hay grupos (ordenes) que son claves y de fácil acceso (fácil de recolectar) en el momento de realizar la caracterización de los ecosistemas de agua dulce; los *Ephemeropteros*, *Trichopteros* y *Plecopteros* (ETP) reúnen esta característica y además son un grupo bioindicador por excelencia de aguas limpias o poco intervenidas, ya que tienen una distribución espacio temporal relativamente alta.

Para el caso de los *Ephemeropteros*, los adultos son delicados con alas anteriores triangulares y las alas posteriores reducidas o ausentes. Las antenas son cortas y semejantes a pelos y en el abdomen llevan 2 a 3 filamentos largos.

A todos los adultos les faltan las piezas bucales funcionales. Los machos tienen ojos compuestos que a veces están completamente divididos y patas anteriores muy alargadas, las hembras tienen ojos más pequeños y las patas anteriores más cortas.

Los efemerópteros completan su desarrollo en un año pudiendo incluso darse varias generaciones anuales, pero algunas familias como los Epheméridos, pueden tardar en completar su desarrollo de 2 a 3 años. Las pterotecas de color oscuro son características en ninfas maduras debido a que en su interior se encuentran alas ya perfectamente conformadas, lo que indica que la ninfa está lista para efectuar la muda subimaginal. Esto se efectúa en la superficie del agua, de modo que el exoesqueleto queda flotando, el subimago tiene un vuelo torpe y se posa en las cercanías del punto en el que emergió.

Los efemerópteros presentan 3 estadios de desarrollo:

La ninfa es acuática presenta cabeza prognata e hipognata con ojos bien desarrollados y antenas de longitud variable, tórax con 3 segmentos bien visibles, tarsos de las patas sin artejos móviles y terminados en una única uña; a lo largo del desarrollo aparecen en

los márgenes posteriores del meso y metanoto, las pterotecas o almodillas alares, el abdomen terminado en 3 cercos caudales (Reinoso, 1998).

Los efemerópteros son insectos relativamente antiguos, viven en aguas corrientes bien oxigenadas. Las ninfas frecuentan variadas zonas del río: las orillas, algunas anidan en el barro y otras se ocultan bajo las rocas, algunos géneros se refugian entre las plantas acuáticas y son activos nadadores, mientras que otros viven en las corrientes, fuentes o cerca de los saltos de agua, otras formas pueden hallarse entre la materia vegetal entre la putrefacción de los fondos del embalse, y canales (Richards y Davies, 1984).

Las familias más usuales son:

Familia Baetidae: Las ninfas presentan un tamaño de 4.5-8.0 mm. Tienen ocelos laterales posteriores a los extremos de las ramas laterales de la sutura epicranial, con antenas generalmente largas, dos o más veces el ancho de la cabeza. Presenta branquias en los segmentos 1-5, 1-7, o 2-7. Los ángulos posterolaterales de los segmentos abdominales no están expandidos en proyecciones laterales planas, o si están presentes, poco desarrolladas.

Uñas tarsales con 10 y hasta 40 o más dientecillos, en *Camelobaetidius* uñas terminadas en forma de espátula. Branquias abdominales ovaladas o acorazonadas, lamelas simples, dobles o triples, nunca terminando en filamentos; márgenes interiores de las branquias usualmente enteras, raramente divididos (Domínguez *et al.*, 2001; Roldán, 1982).

Familia Leptohyphidae: Ninfas con tamaño variable de 3.0-5.0 mm. Branquias en el segundo segmento abdominal operculadas triangulares, semitriangulares u ovaladas y no se juntan en la mitad del abdomen, lameladas en los segmentos 3 a 6 simples o bilobuladas sin márgenes. Presentan en el primer par de patas una corona de espinas. Uñas tarsales con 3-9 dientecillos (Roldán, 1982; Domínguez *et al.*, 2001).

Familia Leptophlebidae: Ninfas de forma y tamaño variable 6.0-10.0 mm. Presentan clípeo fusionado a la frente, cabeza usualmente prognata y branquias abdominales variadas, localizadas en los segmentos 2 a 7, bifurcadas compuestas por una lámina ventral y una dorsal, en penachos con todos los márgenes orlados o terminados en filamentos (Roldán, 1982; Domínguez *et al.*, 2001).

Familia Caenidae: Branquias en los segundos segmentos abdominales operculares, cuadrangulares, que se juntan en la línea media dorsal del abdomen, branquias en el

primer segmento presentes, filiformes y del tercer al séptimo segmento con márgenes que presentan flecos. Patas anteriores con pelos (Roldán, 1982; Domínguez *et al.*, 2001).

Orden Tricópteros en la totalidad de sus especies son estrictamente acuáticos y de ello depende su desarrollo. El orden está relacionado con los lepidópteros y los adultos parecen polillas enanas; pero, sus alas están cubiertas de pelos en lugar de escamas y sus piezas bucales están reducidas. El tamaño varía entre 2 y 50 mm (adultos), y la mayoría son de colores oscuros, aunque las especies de algunos géneros poseen colores claros y pueden presentar distintos patrones de manchas.

Las larvas viven en diversos ambientes acuáticos, la gran mayoría de las especies habita en ríos y quebradas de aguas limpias y bien oxigenadas. El desarrollo larval puede durar entre varios meses hasta años, dependiendo de la especie y también de los factores ambientales (Resh y Rosenberg 1984) y en ambientes tropicales existen varias generaciones por año.

El estadio de la pupa dura alrededor de dos semanas y se desarrolla también dentro del agua.

En los ambientes acuáticos, especialmente ríos y quebradas, los tricópteros juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimenticias, como en el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas poseen distintos rangos de tolerancias, según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de la calidad de agua y la salud del ecosistema. Estos estudios de biomonitorio, utilizando los insectos acuáticos como indicadores, han cobrado mucha importancia durante las últimas dos décadas.

Orden Plecópteros: Los plecópteros tienen un importante papel en los ecosistemas lóticos, ya que desempeñan un rol vital en la estructura y la producción secundaria de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Stewart & Stark, 2002)

Se encuentran generalmente en aguas rápidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, es por esta razón que se consideran excelentes bioindicadores de calidad de agua (McCaffrey, 1981; Romero, 2001). Son sensibles a cambios en las condiciones del hábitat y la calidad del agua (Tamaris, 2007).

Son insectos llamados relictos Prehistóricos, también se les conoce como moscas de las piedras. Tienen el ciclo de vida simple que en algunas especies, puede llegar a 3 años,

los adultos se caracterizan, por plegar sus alas sobre el abdomen como lo hacen las cucarachas. (McCafferty, 1981).

Constituyen un grupo de insectos de pequeño o mediano tamaño con dos fases diferentes en su ciclo de vida (Tierno y Sánchez, 1999), el cuerpo es alargado y deprimido de longitud variada entre 4 y 50 mm, tienen el exoesqueleto blando y de colores generalmente crípticos tal vez para ocultarse mejor. Cabeza prognata con un par de ojos compuestos moderadamente desarrollados y casi siempre 3 ocelos, antenas largas y filiformes, mandíbulas reducidas, su reproducción es anfigónica. Son ovíparos y a veces vivíparos con desarrollo heterometábolo. Ninfas acuáticas y con una morfología semejante a los adultos (Romero, 2001; McCafferty 1981).

El orden Plecoptera en Colombia está representado por las familias Perlidae y Gripopterygidae, recientemente reportada en zona de alta montaña del departamento del Tolima (Barreto, 2005).

LOS MACROINVERTEBRADOS COMO ORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Muchos seres vivos pueden desarrollarse bien en aguas de calidad muy diversa, pero otros están estrechamente unidos a unas condiciones ambientales muy específicas; sólo estos últimos son apropiados como **organismos indicadores (bioindicadores)**

"**Indicador**" podría definirse como la capacidad de un elemento para informar acerca de las condiciones y/o características del sistema al que pertenece. De esta forma un "**índice**" no es más que una jerarquización o, en general, una ordenación de "indicadores" bajo la finalidad de cuantificar una o un conjunto de características del sistema en estudio, sin necesidad de abordarlo en su totalidad.

Frente al concepto de **organismo indicador** (según el cual si tal especie está presente el agua es de buena/mala calidad), hoy en día se ha evolucionado conceptualmente utilizándose el concepto de **comunidad indicadora** en los diferentes y múltiples métodos e índices que actualmente están siendo utilizados y que son de obligado cumplimiento en diferentes países europeos y estados de Norteamérica. Al tener en cuenta a toda la comunidad se minimizan los errores y se multiplica la capacidad de detección de alteraciones.

Hasta ahora, la metodología seguida por los organismos competentes en el estudio de la calidad del agua se basa fundamentalmente en parámetros físico-químicos y bacteriológicos. El gran incremento de nuevos productos contaminantes, así como el

hecho de que los vertidos son, generalmente, puntuales en el tiempo, necesita de nuevas metodologías.

Todo esto requiere de una infraestructura de material, instalaciones y personal que es muy superior a la que se necesita en la aplicación de los llamados índices bióticos, sobre todo los que se basan en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados de los ríos. No sólo el coste económico, sino la fiabilidad de los métodos empleados, hace que la sociedad necesite incorporar nuevas técnicas y procedimientos que, sin excluir a los anteriores, permita completarlos de una manera rutinaria más eficaz, sencilla y económica.

Para la realización del índice es necesaria la toma de muestras de macroinvertebrados, invertebrados mayor de 500 micras, para ello, y en función del índice biológico a realizar, se establecerá el protocolo de campo a seguir para un adecuado muestreo.

Los individuos son seleccionados y determinados hasta el nivel de familia, excepto donde la identificación es delicada.

El índice es calculado mediante una tabla, variando los valores entre 0, muy mala calidad, hasta 20, muy buena calidad.

El B.M.W.P. permite estimar la calidad del agua para el estudio de la fauna béntica, en función de la tolerancia frente a la polución orgánica. Los individuos son identificados hasta el nivel de familia. La escala de valores del B.M.W.P va desde 0 hasta más de 250.

Los macroinvertebrados son aquí considerados como expresiones sintéticas de la calidad general de los cursos de agua. En cambio, éstas técnicas no permiten separar de la calidad general del agua, la parte debida a las condiciones físicas naturales de un curso de agua y la parte debida a las perturbaciones. Esta incógnita se elimina una vez realizadas distintas campañas que permitan conocer datos históricos sobre la fauna acuática existente en el río.

HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE BIOINDICACION

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resultó particularmente útil en estudios de contaminación.

Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad.

A principios de siglo se propuso la utilización de listas de organismos como indicadores de características del agua en relación con la mayor o menor cantidad de materia orgánica. La idea de usar como indicadores a las especies se generalizó, aplicándose a la vegetación terrestre y al plancton marino. En determinadas zonas las plantas se usaron ampliamente como indicadores de las condiciones de agua y suelo; algunas plantas, de la presencia de uranio, etc. Distintos organismos planctónicos se utilizan como indicadores de *eutrofización*.

La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causados por los residuos domésticos e industriales en las corrientes de aguas fueron realizados por Kolkwitz & Marsson (1908, 1909), creando de esta manera las bases del sistema saprobio, ampliamente utilizados en Alemania y países europeos. No fue hasta mediados de los años 50's cuando comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de calidad del agua mediante el uso de los indicadores biológicos. Patrick (1949, 1950) propone métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes y Gaufrin y Tarzwell (1952), a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de la misma.

En la década de los 50's y principios de los 60's comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información (**Shannon - Weaver, 1949; Simpson, 1949; Brillouin, 1951;**

Margalef, 1951, 1955, 1956, 1958, 1969; **Beck**, 1955; **Wilhm & Dorris**, 1966, 1968; **Sheldon**, 1969; **Wilhm**, 1967, 1968, 1970). Dicha teoría parte de que mientras mayor información se tenga acerca de un hecho, suceso o situación, mayor y más preciso será el entendimiento que se tenga de ella. Si se parte de la base de que una comunidad natural se caracteriza por poseer muchas especies y pocos individuos por especies.

INDICE BMWP (Biological Monitoring Working Party-)

Se considera que un organismo es un indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Así por ejemplo, en ríos de montaña, de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones, odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores (Roldán, 2003).

Tabla 2. Puntuación dada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos acuáticos para el índice BMWP/Colombia de Roldán, 2003	
Familias	Puntuación
Perlidae, Oligoneuriidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psepheniidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae, Polythoridae, Gomphidae	10
Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Hydrobiidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae	9
Veliidae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudotheipusidae, Pyralidae.	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Pschycodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae	7
Ancylidae, Lutrochidae, Noteridae, Aeshnidae Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnynchidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae	6
Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae	5

Curculionidae, Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Gerridae Scarabidae, Dolycopodidae, Sphaeridae	4
Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Physidae, Lyninaeidae, Planorbidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta	1

Tabla 3; Clases de calidad de agua valores BMWP y colores para representaciones cartográficas (Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1996)

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150 101 a 120	Aguas muy limpias. Aguas no contaminadas o poco contaminadas	Azul
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación.	Verde
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 a 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. situación crítica	Rojo

Otros índices ecológicos

Para el análisis de las colecciones de organismos acuáticos se calcularon además de la *riqueza de especies*, los *índices de diversidad de Shannon*, de *equidad* y de *dominancia*.

La **diversidad de Shannon** presenta valores entre 0 (bajas diversidades) e ∞ (diversidades altas). Aunque con frecuencia en la literatura se hacen afirmaciones acerca

de diversidades cercanas a 5,0 como altas. Realmente estos valores dependen del taxon en cuestión y del tamaño de la muestra (Neotrópicos, 1996); v. gr., para insectos, plantas vasculares, aves y otros grupos con muchas especies valores de $H' > 5$ son altos; pero para otras colecciones e. g., de peces de aguas dulces, anfibios, mamíferos, los valores de $H' > 3$ son diversos.

La **equidad** es la relación entre el valor calculado de H' y el H'_{\max} máximo que ocurre cuando todas las especies están igualmente representadas. Presenta valores entre 0 y 1, mientras más alto sea el valor, más equitativamente distribuidos en la muestra se encuentran los organismos.

La **dominancia** presenta valores entre 0 y 1, valores bajos corresponden a *dominancias* bajas, colecciones con muchas especies raras y una o unas pocas con la mayoría de los individuos (N); valores altos de D' corresponden a dominancias altas. Este índice es *recíproco* del índice de diversidad de Shannon, mientras más alta sea la diversidad más baja es la dominancia.

Importancia ambiental de parámetros indicadores de contaminación

Temperatura.

Las descargas de aguas con temperaturas considerablemente mayores a las aguas receptoras pueden causar daños a la flora y fauna al intervenir con los procesos reproductivos de las especies. De igual forma, pueden incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos no autóctonos, acelerar las reacciones químicas y reducir los niveles de oxígeno, influyendo en la precipitación de muchos compuestos y acelerando la eutroficación (APHA – AWWA - WPCF, 1995; Industria del Petróleo, 2000; Department of Ecology Washington State, 2000; Ministerio de Medio Ambiente *et al.*, 2001).

Turbiedad.

Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema (Roldan, 1992) y es asociada con la presencia de organismos patógenos (Washington State Department of Ecology, 2001). Sirve para determinar el grado de tratamiento requerido por un agua natural, al igual que permite establecer su filtrabilidad, así como la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración (Romero, 1996).

Sólidos.

Producen alteraciones en el desarrollo de los estados tempranos de los peces, al modificar su movimiento natural y migración; igualmente, reducen la abundancia de

alimentos e inciden sobre la productividad primaria del sistema. (Ministerio de Medio Ambiente *et al.*, 2001). Son un parámetro útil para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento y son importantes para determinar la “fuerza” de las agua residuales. En plantas de lodos activados se usan para controlar el proceso y factores del diseño de unidades de tratamiento biológico secundario, también son útiles para el diseño de tanques de sedimentación (Romero, 1996)

Conductividad.

La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación, la evaluación de la actitud del agua para riego y la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Ministerio de Medio Ambiente *et al.*, 2001).

pH.

El intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 - 8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción (Metcalf y Heddy, 1985; Massachusetts Water Watch Partnership, 2002). El grado de disociación de ácidos y bases es afectado por cambios de pH, este efecto es importante debido a que la toxicidad de muchos compuestos es afectada por el grado de disociación (Ministerio de Medio Ambiente *et al.*, 2001). El valor del pH también debe ser tenido en cuenta en el suministro de aguas con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión o de incrustación (Bolaños *et al.*, 2001).

Oxígeno disuelto.

Constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración determina las especies, de acuerdo a su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de éstos sistemas (Ramírez y Viña, 1998). La baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es, generalmente, una indicación de alta contaminación, ya que sirve para denotar la presencia de organismos que “respiran” y se multiplican a una tasa superior a la difusión del oxígeno desde la atmósfera al agua (Faña, 2000).

Porcentaje de saturación de oxígeno.

El Porcentaje de Saturación es la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua comparada con la cantidad máxima que podría estar presente a la misma temperatura. Por ejemplo, se dice que el agua está saturada en un 100% si contiene la cantidad máxima de oxígeno a esa temperatura. Una muestra de agua que está saturada en un 50% solamente tiene la mitad de la cantidad de oxígeno que potencialmente podría tener

a esa temperatura. A veces, el agua se supersatura con oxígeno debido a que el agua se mueve rápidamente. Esto generalmente dura un período corto de tiempo, pero puede ser dañino para los peces y otros organismos acuáticos. Los valores del Porcentaje de Saturación del OD de 80-120% se consideran excelentes y los valores menores al 60% o superiores a 125% se consideran malos.

El Porcentaje de Saturación del Oxígeno Disuelto depende de la temperatura del agua y la elevación del sitio donde se toma la muestra de agua. Se debe determinar la altitud (elevación) o la presión atmosférica y se usa la tabla a continuación para determinar el factor de corrección. Se multiplica el nivel de Oxígeno Disuelto (en ppm) por el factor de corrección.

Alcalinidad.

Proporciona la acción buffer o amortiguadora de cambios de pH al agua, de tal forma que conocer la alcalinidad de un cuerpo de agua es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldan, 1992). La alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento y control de la corrosión (Romero, J. A. 1996).

Dureza.

Las aguas con bajas durezas se denominan “blandas” y biológicamente son poco productivas, por lo contrario las aguas con durezas elevadas “duras” son más productivas. La productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variada pero son menos productivas en términos de biomasa (Roldan, 1992). Para consumo humano se considera que las aguas blandas o duras son igualmente satisfactorias. El valor de la dureza determina la conveniencia del agua para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, ya que requieren demasiado jabón para producir espuma, además depositan lodo e incrustaciones sobre las superficies con las que este en contacto (Bolaños, 2000; Ministerio de Medio Ambiente *et al.*, 2001).

Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

El aumento de la DQO contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del oxígeno disuelto, salinización de los suelos, y pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso (Beltrán y Trujillo, 1999).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se indica con este termino la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos aeróbicos para poder proceder a la asimilación y a la degradación de las sustancias orgánicas presentes en aguas naturales o residuales y que constituyen el alimento de los microorganismos. Es aun más elevada cuando mayor es la concentración de las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales y cuanto mayor es la velocidad de biodegradación microbiana. Con criterio del todo convencional se hace referencia a la DBO a los cinco (5) días, lo cual viene indicado con la sigla **DBO₅**. (Beltrán y Trujillo, 1999).

Fósforo y Fosfatos.

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y, por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. Su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Romero, 2001).

Nitrógeno, Nitritos y Nitratos.

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de éste. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes de determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos. Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgo de metahemoglobinemia para usuarios de la fuente receptora (Romero, 2001).

Coliformes Totales y Fecales.

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia de la purificación y potabilidad del agua. (Ministerio de Salud, 1998; Romero, 2001).

INDICES DE CONTAMNACION “ICOs “PARA COLOMBIA

En Colombia el estudio y la formulación de Índices de Calidad de Agua han sido abordados desde 1997 principalmente por Ramírez. Tal conjunto de Índices denominados ICO (Ramírez et al., 1997) tuvieron su base en los resultados de análisis multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreos en la Industria Petrolera Colombiana (Ramírez, 1988; Oleoducto Colombia -Ecopetrol-ICP, 1993; Ocensa-Ecotest, 1997; BP Exploration, 1998; En Ramírez, 1999), y han demostrado enormes ventajas sobre los ICA (WQI), debido a que como se ha ilustrado con anterioridad, los ICA generalmente, involucran en un solo parámetro, numerosas variables que conllevan a diversos problemas como:

- No correspondencia del puntaje de la calidad de agua con el grado de contaminación en uno o entre dos o más cursos de agua.
- Falta de sensibilidad a fenómenos estacionales de unas u otras variables.
- Dificultad de correlación con procesos de bioindicación
- Pérdida sustancial de información

En el desarrollo de las formulaciones de estos índices de contaminación, se tuvieron en cuenta diversas reglamentaciones, tanto Colombianas como Internacionales, para diferentes usos de agua; así como registros de aguas naturales colombianas y relaciones expuestas por otros autores en los ICA (Ramírez et al., 1999), con el fin de potencializar su uso a diferentes situaciones y lograr en ellos una generalidad en su aplicación. Este autor destaca que con frecuencia en Colombia se observa que los valores de las variables de calidad de agua de las aguas naturales son comparados con estándares de calidad de agua Potable, lo que constituye una mala referencia para el estudio de las aguas naturales, hecho por el cual no fueron tenidos en cuenta en su formulación.

El procedimiento metodológico para las formulaciones de estos índices correspondió a la descrita en Ramírez et al. (1997) y Ramírez et al. (1999) la cual que se describe a continuación:

- Asignación de valores de contaminación entre Cero y Uno a la escala de las variables.
- Selección de la ecuación que permita relacionar el valor de la variable y su incidencia en contaminación
- Aplicación del análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios a la relación entre el índice y el parámetro.
- Ajuste de la ecuación estimada.

Particularmente para el caso del **ICOpH**, se tomó como referencia la relación presentada para esta variable en el ICA de la NSF con las siguientes modificaciones:

- Invertir la escala 0- 1 a 1-0 (Calidad-Contaminación).
- Ajustar un ICO de Cero a un pH neutro.
- Ajustar los valores entre el extremo exterior y el promedio.

Para temperatura, se relacionó la diferencia de este parámetro (en grados centígrados) entre el agua del cauce receptor y el vertimiento, con la condición de impacto o contaminación que dicho cambio representa.

De acuerdo con este mismo autor (Ramírez y Viña, 1998 y Ramírez et al., 1999), en primera instancia las correlaciones halladas entre múltiples variables fisicoquímicas dieron origen a cuatro índices de contaminación complementarios e independientes de aplicación verificada conocidos como:

- Índice de contaminación por mineralización–**ICOMI**.
- Índice de contaminación por materia orgánica-**ICOMO**.
- Índice de contaminación por sólidos suspendidos – **ICOSUS**.
- Índice de contaminación por trofia – **ICOTRO**.

De Igual Manera, Ramírez et al. (1999), observaron la necesidad de formular dos nuevos índices, correspondientes a:






- Índice de contaminación por pH - **ICOPH**

Tabla N°4 Significancia de los Índices de Contaminación ICOs

ICO	Grado de Contaminación	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna	
> 0.2 - 0.4	Baja	
> 0.4 - 0.6	Media	
> 0.6 - 0.8	Alta	
> 0.8 - 1	Muy Alta	

Fuente: Ramírez et al. (1999).

Tabla N°5 Rangos Y Caracterización De Los ICOs Propuestos Por Ramírez (1997)

ICO	Contaminación	Caracterización	Escala de Color
0-0.2	Ninguna	Aguas puras y quizás con aportes biogénicos	
>0.2-0.4	Baja	Con leve incidencia antrópica	
>0.4-0.6	Media	Notable actividad antrópica	
>0.6-0.8	Alta	Incidencia importante de la industria del petróleo	
>0.8-1	Muy Alta	Áreas muy contaminadas por hidrocarburos petrogénicos	

CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA DE RAMÍREZ.

Como conclusión importante por parte del autor se tiene que:

- Los ICO están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes, no están correlacionados y son complementarios, por lo que una condición particular puede llevar a que en un estudio se implementen pocas variables relativas sólo al problema de contaminación en cuestión.
- Los índices ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, ICOpH, permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos. Conjugan las propiedades más fundamentales de las aguas, y por esto son variables que regularmente se determinan en cualquier estudio Limnológico o ambiental, muy a pesar de que la mayoría de ellas no están siquiera contempladas en la legislación nacional, razón por la cual cobran interés.
- El ICOTEMP, de forma distinta a los índices anteriores, no otorga valores de condición.
- **Decreto 1594 del 26 de junio de 1984.**

Artículo 42: los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:

Referencia expresada como valor.

Tabla N° 6 Referencia de calidad del agua art. 42

Criterio	Unidades
Coliformes fecales	NMP 200 microorganismos/100mL
Coliformes totales	NMP 1.000 microorganismos/100mL
Compuestos fenólicos Fenol	0.002mg/L
Oxígeno disuelto	70% de concentración de saturación
pH unidades	5.0-9.0 unidades
Tensoactivos, sustancias activas al azul de metileno	0.5 mg/L

Parágrafo 1: no se aceptara en el recurso película visible de grasa y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana; sustancias toxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.

Parágrafo 2: el nitrógeno y el fosforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutrofización.

Artículo 43: los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario, son los siguientes:

Tabla N° 7 Referencia de calidad del agua art. 43

Criterio	Unidades
Coliformes totales NMP	5.000 microorganismos/100mL
Oxígeno disuelto	70% de concentración de saturación
pH unidades	5.0-9.0 unidades
Tensoactivos, sustancias activas al azul de metileno	0.5 mg/L

Parágrafo: además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los establecidos en el parágrafo 1 y 2 del artículo anterior.

3. MATERIALES Y METODO

3.1 AREA DE ESTUDIO: El trabajo se realizó en el Balneario Hurtado, río Guatapurí, de la ciudad de Valledupar-Cesar, **figura 1**; entre los meses de junio y septiembre de 2009 correspondiendo a la temporada de sequia y lluvia en esta región, según el IDEAM y Hurtado, 2009; Estos ultimo con el objeto de contrastar la calidad del agua del balneario Hurtado en estas épocas.

FIG 1: Maqueta parque lineal del río Guatapurí a lo largo del Balneario Hurtado.



La metodología de investigación implementada comprendió tres fases:

Fase I: investigación de campo; **Fase II:** investigación de laboratorio (análisis de laboratorio); **Fase III:** manejo de la información.

Desde un punto de vista procedimental se desarrolló lo siguiente:

3.1.1 FASE I: INVESTIGACION DE CAMPO

Se muestrearon siete estaciones ubicadas de la siguiente manera: aguas arriba (del puente de concreto hacia el occidente hasta los 0,7Km) las estaciones **E₁** y **E₂**; en el Balneario Hurtado (área comprendida por el parque lineal sobre la margen derecha del Rio Guatapuri, 1,250Km), las estaciones **E₃**, **E₄** y **E₅**; y aguas abajo (posterior al parque lineal hasta los 0,7Km) **E₆** y **E₇** y que se encuentra ubicadas en el Rio Guatapuri del municipio de Valledupar Departamento del Cesar, Colombia, con el objetivo de evaluar la calidad del agua que presenta el balneario hurtado. Se utilizó métodos de captura cuantitativos y cualitativos para los parámetros biológicos, macroinvertebrados acuáticos, y en base a su clasificación por familias se calculo el índice BMWP/Col. Se midieron igualmente parámetros fisicoquímicos como: oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitritos, fosfatos y conductividad entre otros y en cuanto a la parte microbiológica se hizo un recuento de NPM de coliformes totales y coliformes fecales con estos últimos datos se hizo la comparación con los obtenidos con el índice BMWP/Col, y a su vez este fue comparado con los índices de contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO y ICOPH. En el presente estudio se presenta un mapa de calidad del agua de los tramos estudiados teniendo en cuenta criterios fisicoquímicos y biológicos.

Identificación de las fuentes de contaminación del cuerpo de agua: el área de estudio comprendió un total de 2,650 Km de longitud sobre el cuerpo de agua del cual se hicieron recorridos tomando como referencia el puente de concreto del Balneario; esto permitió la identificación de las fuentes de polución y las actividades antrópicas. Una vez identificadas estas, se seleccionaron estaciones de muestreo que fueron señalizadas con pintura para llevar a cabo la recolección de macroinvertebrados y muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Estas se distribuyeron así: Dos estaciones de muestreo **aguas arriba** (del puente de concreto hacia el occidente hasta los 0,7Km) y se denominaron como **E1** y **E2**, sus riveras se caracterizan por poseer plantas nativas en abundancia, su cauce presenta turbulencias y remansos además de musgos y algas (**figuras 2 y 3**), su lecho está compuesto por piedras de tamaño grande y mediano en este sitio hay buena penetración de luz solar; en este lugar es poco común la actividad recreativa.



Figura 2

Las estaciones E1 y E2 presentan gran abundancia en algas adheridas a rocas ubicadas en el centro del río donde el cauce es mayor.



Figura 3

En el sitio conocido como Balneario Hurtado (área comprendida por el parque lineal, 1.250Km) se ubicaron tres estaciones de muestreo **E3, E4 y E5**. Las riveras de este tramo del río están reforestadas con plantas nativas, que brindan sombra a los bañistas. Su cauce presenta tramos de gran turbulencia y remansos mientras que su lecho está constituido principalmente por piedras de tamaños pequeños hasta rocas muy grandes, en algunos sitios donde las aguas tienen menor fluidez el lecho está constituido por arena y grava; es poco frecuente encontrar algas y musgo en las rocas que se encuentran en este sitio; se observó que en este sitio hay tres captaciones de agua que son conducidas hasta las fincas circunvecinas. **Ver figura 4.**



Figura 4: Captaciones de agua en el Balneario Hurtado.

El Balneario Hurtado es preferido por las familias de Valledupar para realizar actividades de recreación (**figura 5**) y esparcimiento lo que permitió que los gobernantes del municipio construyeran el parque lineal sobre la margen derecha del Balneario Hurtado, río Guatapurí, que permita estas actividades para los cientos de visitantes que lo frecuentan especialmente los fines de semana. **Ver figura 6.**



Figura 5: (Izquierda) turistas que visitan el balneario; (derecha) se encuentra sección del parque lineal que sobre la margen derecha el Balneario Hurtado.

Aguas abajo (ubicado posteriormente al parque lineal hasta los 0,7Km) se ubicaron las dos restantes estaciones denominadas como **E₆** y **E₇**. Sus riveras se caracterizan por los arboles nativos muy frondosos. **Figura 6**, este tramo es mucho más ancho que el de los sitios anteriores y consta de un lecho completamente lleno de rocas medianas y grandes con algas filamentosas y musgos. Además las captaciones de agua en este sitio son más frecuentes que las anteriores. Este lugar cuenta con buena penetración de luz.



Figura 6: (arriba) juegos recreacionales en el parque lineal sobre la margen derecha del Balneario Hurtado (abajo) estaciones de muestreo E₆ y E₇.

Medición de factores físicos–químicos medioambientales.

Dentro de ellos:

-**Factores del entorno:** Temperatura (por termometría) y Humedad relativa (por higroscopia).

-**Factores del curso de agua, tales como:** OD, pH, Temperatura, caudal.

Colecta de macroinvertebrados: La colecta muestral de macroinvertebrados acuáticos, se realizó según el método *Kick Sampling* (Fide, 1989). Utilizando una red de mano con una malla de apertura de 250 μm y una área de 0.1 m^2 . La estandarización del método consistió en introducir la red de mano al fondo del río en sentido contrario a la corriente de agua, mientras por delante el operador procedió a remover y golpear el sustrato dinámicamente, este procedimiento se realizó en un lapso de 10 segundos.

Se recolectaron tres muestras de macroinvertebrados cada diez metros en ambas orillas del río durante una hora por estación y momento de muestreo, **figura 7**. Los muestreos se llevaron a cabo de 7:00 hasta las 5:00 PM. Se establecieron estas horas teniendo en cuenta la temperatura ambiente y de las aguas, ya que son las más adecuadas en que las especies de macroinvertebrados bentónicos presentan mayor actividad.

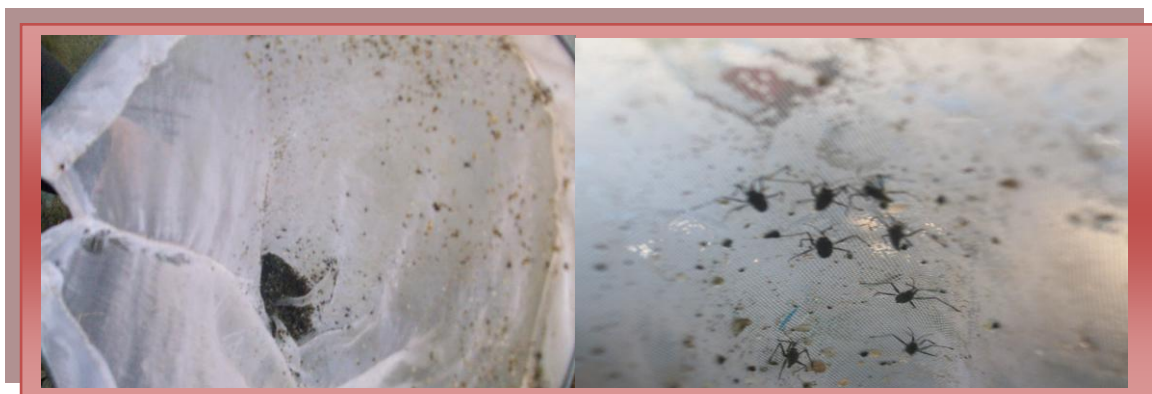


Figura 7; redes de mano para recolectar macroinvertebrados.

El contenido de la red se depositó en un balde de agua, se filtró el agua del balde en un tamiz (250 μm de malla de apertura), posteriormente el contenido del tamiz fue depositado sobre una bandeja de color blanca (poco profunda, de 0.06 m^2 de área), luego se procedió a separar con la ayuda de una pinza fina y pinceles por un lapso de 3 minutos en función a la abundancia y riqueza de familias de la fauna béntica presentes, a un frasco con alcohol al 70% como conservante y se rótulo. Ver tabla N° 8 para su respectiva separación y evaluación.

Aún cuando este método es “simple”, se tomó especial atención en el muestreo, teniendo en cuenta que las muestras obtenidas fueran representativas del área del río en el que se trabajó; por ejemplo corrientes rápidas con fuerte pendiente tienden a contener

una menor diversidad que las zonas menos rápidas; de otro lado, áreas pobladas de vegetación ribereña, usualmente tienen una mayor abundancia relativa de especies.

Tabla N° 8 Rótulo para frascos de conservación de las muestras de macroinvertebrados identificados.

DESCRIPCION: Macroinvertebrados Acuáticos Del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri							
NOMBRE DE LA ESTACION:	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
FECHA:				HORA:			
N° INDIVIDUOS COLECTADOS:							
CAPTURADOS POR:							
PRESERVACION: Etanol al 70%							

3.1.2. CLAVES PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

1. Macroinvertebrados con patas articuladas:

- con 6 patas.....INSECTOS
- con 8 patas.....ARÁCNIDOS
- con más de 8 patas.....CRUSTÁCEOS

2. Macroinvertebrados sin patas articuladas:

- **CON CONCHA** - de 2 valvas.....BIVALVOS
- no de 2 valvas.....GASTERÓPODOS

- SIN CONCHA

a) animal de forma poco definida e incrustante,

- superficie con poros.....ESPONJAS

b) sin estas características

CON EL CUERPO SEGMENTADO

- con cápsula cefálica, pseudópodos

- Branquias u otros apéndices.....INSECTOS DÍPTEROS

- sin nada de esto con ventosa.....HIRUDINEOS

- Sin ventosa.....OLIGOQUETOS

SIN SEGMENTOS EN EL CUERPO

- cuerpo plano.....TURBELARIOS
- no planos cilíndricos.....NEMATOMORFOS
- forma de medusa o hidra.....CNIDARIOS
- animal colonial.....BRIOZOOS

3.1.2.3 CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ÓRDENES DE INSECTOS EN LAS FASES ACUÁTICAS

1. Sin patas articuladasDIPTERA
2. Con patas articuladas:
 - Aspecto de escarabajo, con élitros coriáceos.....COLEOPTERA
(Adultos)
 - **OJOS COMPUESTOS, CON ESTUCHES ALARES:**
 - Apéndices caudales:
 - a) Láminas o cúpula anal.....ODONATA
 - b) Sifón respiratorio o sin apéndices.....HETEROPTERA
 - c) Cercos pluriarticulados
 - una sí.....EPHEMEROPTERA
↑ ↑ (2 ó 3 cercos)
 - Uñas branquias
 - del tarso abdominales
 - ↓ ↓
 - Dos no.....PLECOPTERA
(2 cercos)
 - **OJOS SIMPLES, SIN ESTUCHES ALARES:**
 - a) Mandíbulas más largas que la cabeza.....PLANNIPENNES
 - b) Mandíbulas más cortas que la cabeza:
 - una prolongación muy larga.....MEGALOPTERA
(Abdomen con branquias)

Extremo caudal 2 pigópodos con uñas.....TRICHOPTERA
sin prolongaciones, con pseudópodos abdominales....LEPIDOPTERA
de otra forma.....COLEOPTERA
(larvas)

3.1.3 FASE II: INVESTIGACION DE LABORATORIO

Los macroinvertebrados colectados fueron identificados hasta el nivel de familia y/o género en los Laboratorios de Biología de la Universidad Popular del Cesar-sede Valledupar, utilizando estereoscopio. Se evaluó cada muestra separando inicialmente la materia orgánica y sedimentos de los macroinvertebrados acuáticos, luego fueron identificados principalmente a nivel taxonómico de familia y luego a género utilizando la guía de macroinvertebrados de Roldan, 2003. Basados en claves taxonómicas según Merrit & Cummins (1983), Roldán (1988), McCafferty (1996), y Fernández & Domínguez (2001).

Cada muestra identificada a nivel de género fue conservada, generalmente, en envases de ampollitas con alcohol al 70% debidamente lavado y rotulado (**tabla N° 4 figura 9**)

Tabla N° 9: Rótulo para Macroinvertebrados Identificados

DESCRIPCION: Macroinvertebrados Acuáticos Del Rio Guatapuri							
ESTACION EN LA QUE FUE HALLADO:	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
FECHA:			HORA:				
FAMILIA:			GENERO:				
N° DE INDIVIDUOS COLECTADOS:							
PRESERVACION: Etanol al 70%							

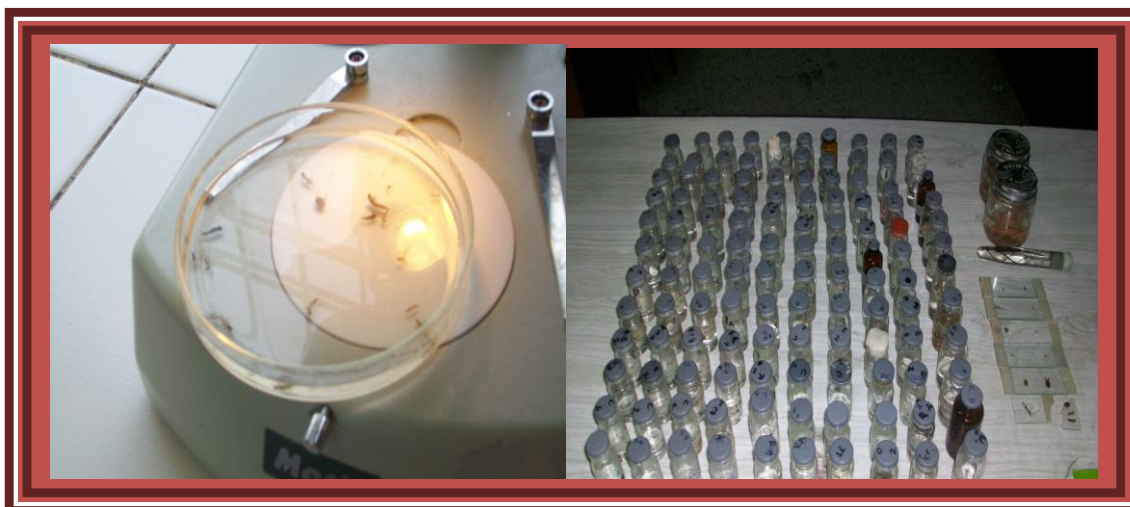


Figura 8; identificación de macroinvertebrados utilizando estereoscopio y conservados en alcohol al 70% en envases de ampolletas.

Análisis Físicoquímicos: Para los análisis físicoquímicos se recolectó en un recipiente plástico de 600mL y se preservó con una muestra de agua en cada estación por cada periodo de muestreo. Las muestras tomadas fueron analizadas en el laboratorio de calidad de aguas de la Universidad del Magdalena.

Análisis Microbiológico: En cuanto a las variables microbiológicas, coliformes fecales y totales, se determinaron a través de filtración por membrana Protocolo de laboratorios de la empresa EMDUPAR, Ver tabla N° 3. La muestra se recolectó en frascos de vidrio de 250 mL previamente esterilizados sumergiéndolos tapados a 15 cm de profundidad de la lámina de agua. Estas muestras se tomaron en cada estación por cada periodo de muestreo. Estos parámetros fueron analizados en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable de Valledupar (EMDUPAR). La DBO5 y DQO igualmente fueron determinadas en este laboratorio.

En la tabla N° 5 se muestran los parámetros, y métodos utilizados para la medición de las diferentes variables físicoquímicas.

Tabla N° 10 Materiales y métodos utilizados para la medición de las variables Físicoquímicas y Microbiológicas estudiadas

DETERMINACIÓN	UNIDAD	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	Volumétrica con HCl (Standard methods)
Conductividad	µmhos/cm	Método potenciométrico (Standard methods)
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	Titulación con EDTA
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico oxi WTW 315 set

pH	Unidades de pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw197
Orto-Fosfatos	µg /L	Ácido ascórbico (Standard methods)
Nitritos	µg/L	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods)
Nitratos	µg/L	Reducción con Cd-Cu/ colorimetría (Standard Methods)
Temperatura	°C	Termometría In situ
Sólidos totales	mg/L	Método gravimétrico (Standard Methods)
Sulfatos	mg/L	Solución clorhídrica con sulfato de bario
Turbiedad	NTU	Método nefelométrico
Tensoactivos	mg/L	Espectrofotometría
Fenoles	mg/L	Espectrofotometría
Coliformes totales	UFC/100mL	Filtración por membrana
Coliformes fecales	UFC/100mL	Filtración por membrana
DBO5	mg/L	Oxitop
DQO	mg/L	Reflujo abierto

3.1.4 FASE III: MANEJO DE LA INFORMACION

- Para el análisis de los datos y comprobar la validación del método propuesto, se aplicó el Índices biológicos, **BMWP/Col** según la metodología propuesta por **Roldan (2003)** El índice **BMWP/Col** (modificación del índice Biological Monitoring Working Party de Inglaterra), considera diferentes valores por familia, Molina-Arzabe, *C. et al.* Ciencia Abierta Internacional, cuya sumatoria total identifica a un tipo de calidad de agua (Alba-Tercedor et al. 1988), de manera que se utilizó el mismo valor de 10, considerado por Jacobsen (1998).
- Para la asociación de taxa de macroinvertebrados, se presenta el número de individuos por familia, sitio y momento de muestreo; se obtuvo igualmente la estructura primaria de la asociación de macroinvertebrados (composición y riqueza de especies Margalef (1951), distribución de abundancia de cada uno de los momentos y sitios de muestreo, diversidad Shannon-Wiener (1948), dominancia, equidad Pielou (1969). Ver tabla 6.

Índice de Margalef (D_{Mg})

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Índice de Shannon-Weaver

$$H = -\sum [P_i (\log_2 P_i)]$$

$$P_i = N_i/N$$

Donde:

N_i: Número de individuos de la especie i en la muestra.

N: Número total de individuos en la muestra.

Índice de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$$H'_{max} = \ln(S)$$

Y H' es el valor del índice de Shannon – Wiener

Índice o indicador ecológico	símbolo	fórmula	máximo teórico	mínimo teórico
riqueza número de especies	s	r = s	indeterminado	indeterminado
abundancia total ó número de individuos	N	$N = \sum n_i$	indeterminado	1
Diversidad de Shannon	H'	$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$	$H'_{max} = \ln s$	$H'_{min} = \ln 1 = 0$

Equidad de Pielou (<i>uniformidad relativa</i> de Shannon-Weaver)	J'	$J' = H'_{muestra} / \ln s$	1,00	→ 0,00
---	------	-----------------------------	------	--------

Tabla 11. Índices ecológicos implementados

- Los resultados de parámetros fisicoquímicos determinados en el laboratorio fueron manejados estadísticamente con el software STATGRAPHICS plus versión 5 para realizar el manejo de información estadístico.

Se obtuvo un valor medio de los resultados de los análisis fisicoquímicos basados en los cuatro momentos de muestreo para cada una de las estaciones.

Además los resultados de los parámetros fisicoquímicos estudiados fueron comparados con los resultados obtenidos por el BMWP/Col con la finalidad de validar estos últimos.

- Para el cálculo de los índices ICOs/Col se implementaron las siguientes expresiones matemáticas, propuestas por Ramírez *et al.*, 1999.

➤ **Porcentaje de saturación del oxígeno**

Se utiliza la tabla a continuación para convertir el nivel corregido de Oxígeno Disuelto (OD) en ppm a Porcentaje de Saturación del Oxígeno Disuelto (%OD), ppm es equivalente a mg/l. Para hacer esto, se siguen las siguientes instrucciones:

1. Marque el valor corregido del Oxígeno Disuelto en la línea inferior del *Nivel de la Tabla de Saturación de Oxígeno* a continuación.
2. Luego, marque la temperatura del agua en la línea superior de la tabla.
3. Dibuje una línea recta desde la marca del oxígeno en mg/L hasta la marca de la temperatura del agua.
4. El valor convertido del Porcentaje de Saturación es aquel en que la línea recta que se ha dibujado pasa a través de la línea de % de saturación.

Presión Atmosférica (mmHg)	Altitud Equivalente (pies)	Factor de Corrección
775	540	1.02
760	0	1.00
745	542	.98
730	1094	.96
714	1688	.94

699	2274	.92
684	2864	.90
669	3466	.88
654	4082	.86
638	4756	.84
623	5403	.82
608	6065	.80
593	6744	.78
578	7440	.76
562	8204	.74
547	8939	.72
532	9694	.70
517	10,472	.68

Tabla 12. Conversión del nivel corregido de OD en ppm a % de saturación de OD

Tomado del Manual de Campo para el Monitoreo de la Calidad del Agua

NOTA: Los valores del Porcentaje de Saturación de 80 - 120% se consideran excelentes y los valores menores al 60% o superiores al 125% se consideran malos. (tabla 10)

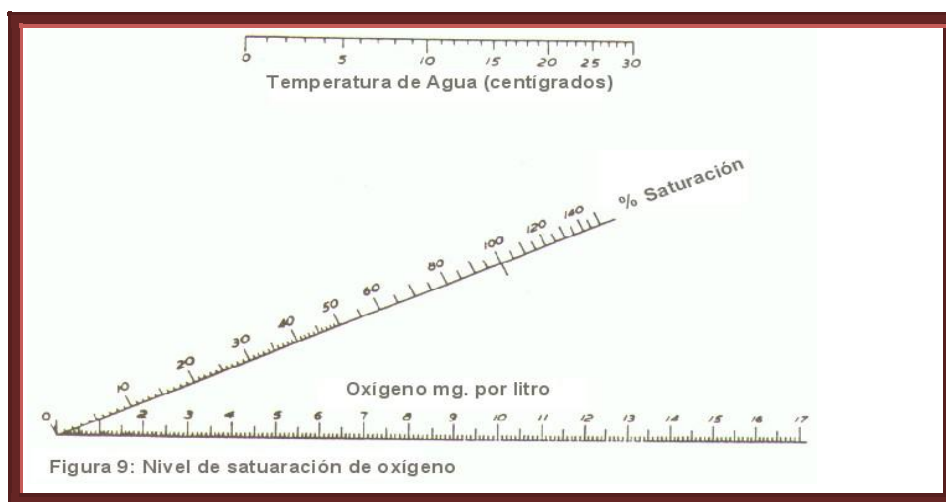


Tabla N° 13 nivel de saturación de oxígeno.

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN -ICOMI:**

Integra Conductividad, Dureza y Alcalinidad.

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Donde:

$$I_{\text{Conductividad}} = \text{Log}_{10} I_{\text{Conductividad}} = 3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad} (\mu\text{S} / \text{cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270 μ S/cm, tienen un índice de conductividad = 1

$$I_{\text{Dureza}} = \text{Log}_{10} I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \text{Log}_{10} \text{Dureza} (\text{mg} / \text{lt})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{Log} I_{\text{Dureza}}}$$

Durezas mayores a 110 mg/lt tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/lt tienen un índice = 0

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{Alcalinidad} (\text{mg} / \text{lt})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/lt tienen un índice de 1

Alcalinidades menores a 50 mg/lt tienen un índice de 0

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ICOMO**

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales y Porcentaje de Saturación de Oxígeno.

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxigeno \%})$$

Donde:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{Log}_{10} DBO(\text{mg} / \text{L})$$

DBO > 30 (mg/l) = 1

DBO < 2 (mg/l) = 0

$$I_{Coliformes\ Totales} = -1.44 + 0.56 \text{Log}_{10} Col.Tot.(NMP / 100ml)$$

Coliformes Totales > 20.000 (NMP/100 ml) = 1

Coliformes Totales < 500 (NMP/100 ml) = 0

$$I_{Oxigeno \%} = 1 - 0.01 Oxigeno \%$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

Para sistemas lénticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I_{Oxigeno \%} = 0.01 Oxigeno \% - 1$$

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS - ICOSUS**

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{ Sólidos Suspendedos (mg/L)}$$

Sólidos Suspendedos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendedos < a 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR TROFIA – ICOTRO.**

Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo Total en mg/l.

- Oligotrofia: < 0.01
- Mesotrofia: 0.01-0.02
- Eutrofia: 0.02-1.00
- Hipereutrofia: >1.00

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR TEMPERATURA – ICOTEMP.**

El interés de la formulación de este índice está enfocado tácitamente a la evaluación de vertimientos, y no como en casos anteriores, a la caracterización de aguas naturales.

Por lo tanto, el ICOTEMP se formuló sobre la base de la diferencia entre el vertimiento y el cuerpo receptor. Su formulación corresponde a:

$$ICOTEMP = -0.49 + 1.27 \text{Log}(Temp.Vertimiento - Temp.CursoReceptor)$$


Si la diferencia de Temperatura es menor a 2.5°C (275.5°K), ICOTEMP = 0.

Si la diferencia de Temperatura es mayor a 15.0°C (288.5°K), ICOTEMP = 1.

➤ **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR pH - ICOpH:**

$$ICOpH = \frac{e^{-31.08+3.45pH}}{1 + e^{-31.08+3.45pH}}$$

Tabla 14 Significancia de los Índices de Contaminación ICOs

ICO	Grado de Contaminación	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna	
> 0.2 - 0.4	Baja	
> 0.4 - 0.6	Media	
> 0.6 - 0.8	Alta	
> 0.8 - 1	Muy Alta	

Fuente: Ramírez et al. (1999).

Para el cálculo de los resultados de ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOpH se utilizó el software **ICATest v1.0**; el índice ICOTRO se calculó manualmente.

- Los resultados de los análisis fisicoquímicos fueron comparados con el decreto 1594 del 26 de junio de 1984 artículos 42 y 43, criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario y secundario respectivamente.

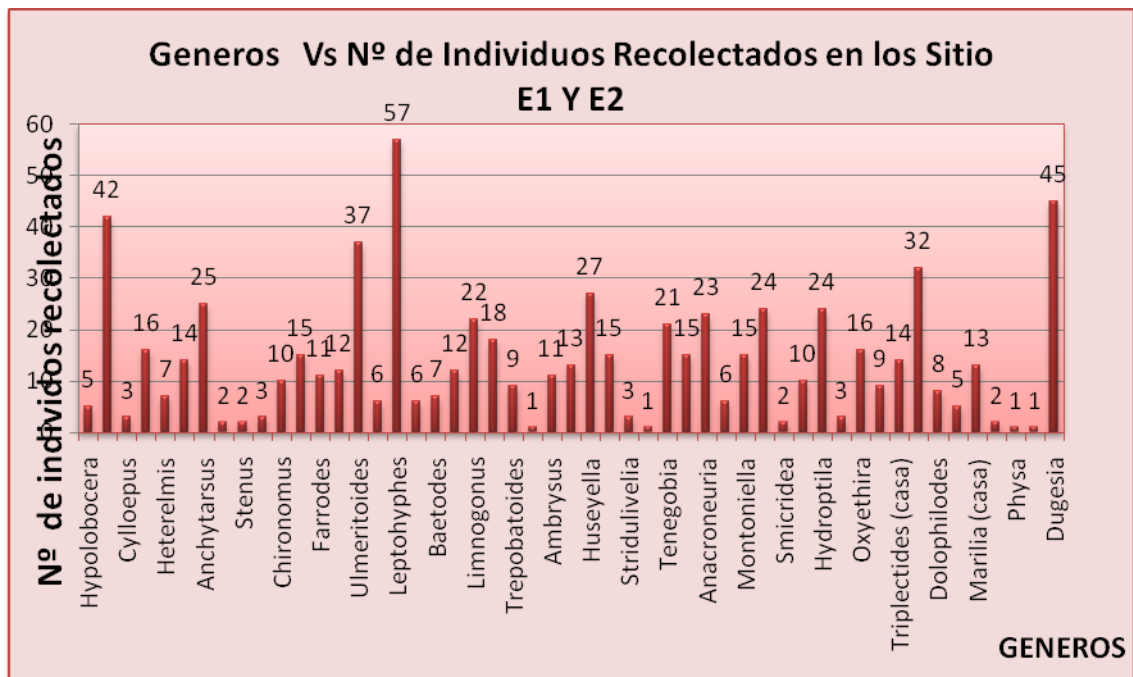
4.0 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS.

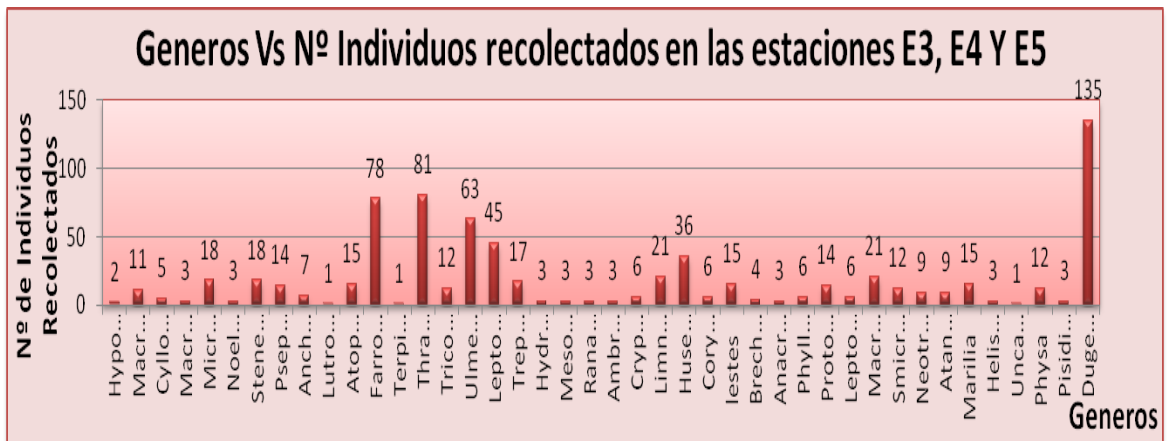
4.1.1 Comunidad de Macroinvertebrados.

La asociación de macroinvertebrados estuvo compuesta por 14 órdenes, 40 familias y 75 géneros; el mayor número de géneros fue para el orden Trichoptera (16), seguido por Hemíptera (16), Coleóptera (14) y Ephemeroptera (10). Ver tablas N° 15, 16 y 17. Dentro de los órdenes colectados se resaltaron los valores más significativos en número de individuos: Trichoptera (21.33%), Hemíptera (21.33%), Coleóptera (18.67%), Ephemeroptera (13.33%); Odonata (6.67%).

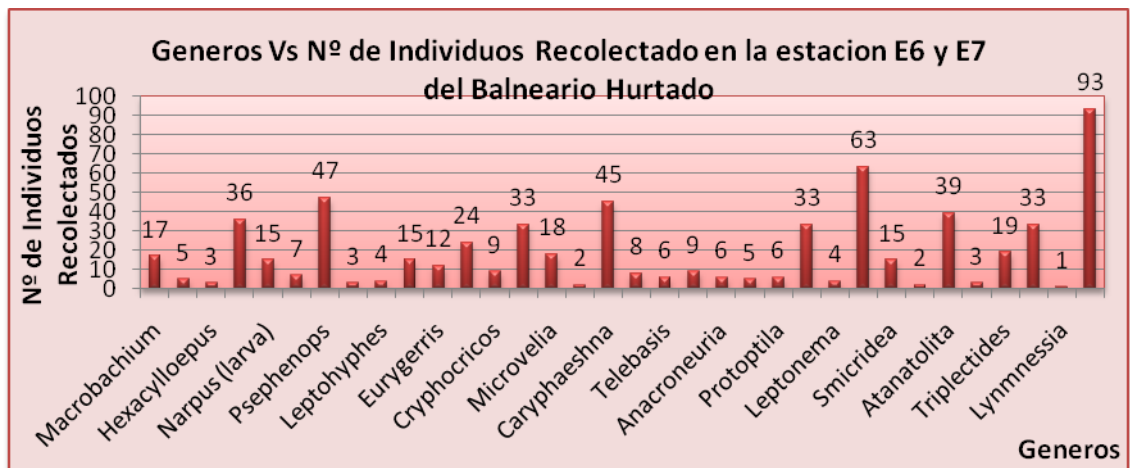
Teniendo en cuenta las estaciones de muestreo distribuidas en aguas arriba(E1 y E2), Balneario Hurtado (E3, E4 y E5) y aguas abajo(E6 y E7), el mayor numero de individuos colectados se presentó en las estaciones E3, E4 y E5 (743) representados en 33.64% por la familia Leptophlebiidae y 18.17% por la familia planariidae, mientras que el menor numero de individuos fue hallado en las estaciones E6 y E7 con 640 individuos, las familias que predominante en estas estaciones en número de individuos son planariidae (14.53%) y Hydropsychidae (12.81%). En cuanto a las estaciones E1 y E2 ubicadas aguas arriba el numero de individuos colectados fue de 701 y las familias predominantes son Leptophlebiidae (10.68%) y Elmidae (9.70%). Ver Grafica N° 1, 2 y 3.



Grafica N° 1: Géneros con mayor numero de individuos en las estaciones E1 y E2: Leptohyphes, Dugesia y Myrcocyloopus y que corresponden a las familias Leptohyphidae, Planariidae y Elmidae respectivamente, siendo estos los mas susceptibles a niveles altos de contaminación.



Grafica N° 2. Géneros con mayor numero de individuos en las estaciones E3, E4 y E5: Dugesia, Thraulodes y Farrodes respectivamente pertenecientes a las familias Elmidae y Leptophebiidae, los dos últimos generos, siendo estos los más susceptibles a niveles altos de contaminación.



Grafica N° 3. Géneros con mayor numero de individuos en las estaciones E6 y E7: Dugesia seguido por Macrostemus y Psephenops que corresponden a las familias Elmidae, Hydropsychidae y Psephenidae respectivamente, siendo estos más susceptibles a altos niveles de contaminación.

Tabla N° 15. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados dulceacuícolas identificados en las estaciones E1, E2 y número de individuos colectados

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Nombre común	No. Individuos recolectados		
Arthropoda	Crustaceo	Decapoda	Pseudothelphusidae	Hypolobocera	cangrejo	5		
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Microcylloepus	Escarabajo	42		
				Cylloepus		3		
				Stenelmis		16		
				Heterelmis		7		
			Psephenidae	Psephenops		14		
			Ptilodactylidae	Anchytarsus		25		
			Limnichidae	Eulimnichus		-----	2	
			Staphylinidae	Stenus		-----	2	
			Diptera	Blepharoceridae		Paltostorna	-----	3
				Chironomidae		Chironomus	Moscas, Zancudos	10
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Atopophlebia	-----	15		
				Farrodes		11		
				Thraulodes		12		
				Ulmeritoides		37		
			Leptohiphidae	Haplohyphes		Moscas de agua, mayflies	6	
	Leptohiphies			57				
	Baetidae		Camelobaetidius	6				
			Baetodes	7				
	Hemiptera		Gerridae	Aquarius			-----	12
				Limnogonus				22
		Ovatametra		18				
		Trepobatoides		9				
		Mesoveliidae	Mesoveiloidea	-----	1			
		Naucoridae	Ambrysus	Chinches	11			
	Cryphocricos		13					

			Huseyella		27
			Veliidae		
			Microvelia		15
			Stridulivelia		3
Lepidoptera		Pyralidae	Parargyractis	-----	1
Neuroptera		Corixidae	Tenegobia	-----	21
Odonata		Coenagrionidae	Telebasis	-----	15
Plecoptera		Perlidae	Anacroneuria	Moscas Stoneflies	23
			Protoptila		6
		Glossosomatidae	Montoniella		15
			Leptonema		24
		Hydropsychidae	Smicridea		2
			Macrostemum		10
			Hydroptila	Cadis	24
		Hydroptilidae	Ochrotrichia		3
			Oxyethira		16
			Triplectides		9
		Leptoceridae	Triplectides (casa)		14
			Chimarra		32
		Philopotamidae	Dolophilodes		8
			Marilia	-----	5
		Odontoceridae	Marilia (casa)		13
			Ancylidae	Uncancylus	-----
			Physidae	Physa	Caracoles
			Planorbiidae	Helisoma	-----
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia	Planarias
					45
Total individuos					701

Tabla N° 16. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados dulceacuícolas identificados en las estaciones E3, E4 y E5 además del número de individuos colectados

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Nombre común	No. Individuos recolectado	
Arthropoda	Crustaceo	Decapoda	Pseudothelphusidae	Hypolobocera	Cangrejo	2	
			Palaemonidae	Macrobachium	-----	11	
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	Escarabajos		5
				Macrelmis			3
				Microcylloepus			18
				Noelmis			3
				Stenelmis			18
			Psephenidae	Psephenops		14	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus(larva)		7	
			Lutrochidae	Lutrochus	-----	1	
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Atopophlebia		-----	15
				Farrodes			78
				Terpides			1
				Thraulodes			81
				Tricorythodes			12
				Ulmeritoides			63
		Leptohiphidae	Leptohiphes	Moscas de agua, mayflies	45		
	Hemiptera	Gerridae	Trepobates	-----	17		
		Hydrometridae	Hydrometra	-----	3		
		Mesoveliidae	Mesoveiloidea	-----	3		
		Nepidae	Ranatra	-----	3		
			Ambrysus	Chinches	3		
		Naucoridae	Cryphocricos		6		

				Limnocuris		21
			Veliidae	Huseyella		36
		Megaloptera	Corydalidae	Corydalis	-----	6
		Odonata	lestidae	lestes		15
			Libellulidae	Brechmorhoga	Libelula	4
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Moscas Stoneflies	3
		Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus	-----	6
			Glossosomatidae	Protoptila	Cadis	14
			Hydropsychidae	Leptonema		6
				Macrostemum		21
				Smicridea		12
			Hydroptilidae	Neotrichia		9
			Leptoceridae	Atanatolica		9
			Odontoceridae	Marilia		-----
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Helisoma		-----
			Ancylidae	Uncancylus	-----	1
			Physidae	Physa	Caracoles	12
	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	Pisidium	-----	3
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia	Planarias	135
Total individuos						743

Tabla N° 17. Clasificación taxonómica de los géneros de macroinvertebrados dulceacuícolas identificados en las estaciones E6 y E7 además del número de individuos colectados

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Nombre común	No. Individuos recolectados
Arthropoda	Crustaceo	Decapoda	Palaemonidae	Macrobachium	-----	17
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Disersus (larva)	Escarabajos	5
				Hexacylloepus		3
				Microcyllloepus		36
				Narpus (larva)		15
				Stenelmis (larva)		7
			Psephenidae	Psephenops	47	
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Farrodes	-----	3
			Leptohyphidae	Leptohyphes	Moscas de agua, mayflies	4
		Hemiptera	Gerridae	Brachymetra	-----	15
				Eurygerris	-----	12
			Mesoveliidae	Mesoveiloidea	-----	24
			Naucoridae	Cryphocricos	Chinches	9
			Veliidae	Huseyella		33
				Microvelia		18
		Stridulivelia		2		
		Odonata	Aeshnidae	Caryphaesna	-----	45
			Coenagrionidae	Argia	-----	8
				Telebasis	-----	6
			libellulidae	brechmoroga	-----	9
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Moscas Stoneflies	6
		Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus	-----	5
			Glossosomatidae	Protoptila	Cadis	6
				Montoniella		33
			Hydropsychidae	Leptonema		4

				Macrostemum		63
				Smicridea		15
			Hydroptilidae	Hydroptila		2
			Leptoceridae	Atanatolita		39
				Grumichella		3
				Triplectides		19
			Odontoceridae	Marilia	-----	33
	Arachnoidea	Acari	Lynnnessidae	Lynnnessia	-----	1
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia	Planarias	93
Total individuos						640

El número de taxa por sitios de muestreo varió entre 8 y 15 como se indica en la **Tabla N° 18**, de las cuales las estaciones E1 y E2 presentan la mayor cantidad con 49.

La mayor diversidad (calculada con el índice de Margalef) se presentó en las estaciones E1 y E2 con (7.32), en las estaciones E3, E4 y E5 presento (6.05) y en las estaciones E6 y E7 (5.10) presentando la menor diversidad.

Tabla N° 18. Numero de taxa identificadas en las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO			
	E1 Y E2	E3, E4 Y E5	E6 Y E7
N° TAXA	49	41	34

La mayor dominancia (arrojada por el índice de pielou) se dio en las estaciones E3, E4 Y E5 con (0.46) debido a la abundancia de las familias Leptophlebiidae y planariidae Tabla 5. Las estaciones (E1-E2) y (E6-E7) tienen una abundancia correspondiente de 0.47 y 0.54.

En las estaciones de muestreo se encontró una mediana similaridad (57.69%) en relación a las familias identificadas. En cuanto a las estaciones (E1 - E2) y (E3 - E4 - E5), la similaridad es de 35.08%; entre las estaciones (E1 - E2) y (E6 - E7) la similaridad es de 32% y por ultimo la similaridad entre las estaciones (E3 - E4 - E5) y (E6 - E7) es de 34.69%. Ver **Tabla N° 19**.

Tabla N° 19. Similitud de géneros de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo

E1 - E2		E3 - E4 - E5	E6 - E7
Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae.		Ptilodactylidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae.	Calamoceratidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae, Lymnessiidae
Leptophlebiidae, Philopotamidae.		Leptophlebiidae,	Leptophlebiidae
Gerridae, Leptoceridae, Pseudothelpusidae, Veliidae		Gerridae, Leptoceridae, Lestidae, palaemonidae, Pseudothelpusidae, Veliidae	Gerridae, Leptoceridae, palaemonidae, Veliidae
Baetidae, Coenagrionidae, corixidae, Glossossomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.		Glossossomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.	Coenagrionidae, Glossossomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.
Ancyliidae, Elmidae, Limmichidae, Staphylinidae.		Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Lutrochidea,	Aeshnidae, Elmidae, Libellulidae.
Mesoveliidae, Planorbiidae, Pyralidae.		Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae.	Mesoveliidae.
Physidae		Sphaeridae, Hydrometridae.	-----
Chironomidae		Physidae	-----
Total Familias	29	28	21
N° Familias similares en las estaciones	15		
N° Familias similares entre las estaciones (E1 - E2) Vs (E3- E4 - E5)	20		-----
N° Familias similares entre las estaciones (E1 - E2) Vs (E6 - E7)	16		
N° Familias similares entre las estaciones (E3- E4 - E5)Vs (E6 - E7)	-----	17	

Índice BMWP/Col.

Las familias colectadas en cada una de las estaciones de muestreo definieron la calidad del agua para las zonas de estudio (E1 – E2, E3 – E4 – E5 y E6 – E7) las Tablas N° (20,21 y 22). muestran los puntajes para cada familia encontrada en cada una de las estaciones y el puntaje total BMWP/Col indicando así la calidad del agua comparándolas con la tabla de puntuaciones según Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1996. Todas las estaciones según los valores del índice BMWP/Col corresponden a aguas limpias o poco contaminadas. El mapa 2. Muestra la calidad del agua, utilizando el color azul como significado de aguas muy limpia, para las diferentes estaciones de muestreo analizadas.



Mapa 2; Mapa de calidad de agua sobre las estaciones de muestreo

BMWP/COL PARA LAS ESTACIONES (E1 - E2)			
FAMILIAS	Puntajes	N° FAMILIAS	PUNTAJE TOTAL
Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae.	10	5	50
Leptophlebiidae, Philopotamidae.	9	2	18
Gerridae, Leptoceridae, Pseudothelpusidae, Veliidae	8	4	32
Baetidae, Coenagrionidae, corixidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.	7	9	63
Ancylidae, Elmidae, Limnichidae, Staphylinidae.	6	4	24
Mesoveliidae, Planorbiidae, Pyralidae.	5	3	15
Physidae	3	1	3
Chironomidae	2	1	2
TOTAL		29	
TOTAL BMWP/COL			207
ASPT			7.14

Tabla N° 20. Resultados del índice BMWP/Col para las estaciones E1 y E2: 207 puntos de valor BMWP/Col y con un valor ASPT de 7.14 de acuerdo a esto la calidad de agua es de clase I (aguas limpias o poco contaminadas)

BMWP/COL PARA LAS ESTACIONES E3 - E4 - E5			
FAMILIAS	Puntajes	N° FAMILIAS	PUNTAJE TOTAL
Ptilodactylidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae.	10	4	40
Leptophlebiidae,	9	1	9
Gerridae, Leptoceridae, Lestidae, palaemonidae, Pseudothelpusidae, Veliade	8	6	48
Glossosomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.	7	6	42
Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Lutrochidea,	6	5	30
Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae.	5	3	15
Sphaeridae, Hydrometridae.	4	2	8
Physidae	3	1	3
TOTAL		28	
TOTAL BMWP/COL			195
ASPT			6.96

Tabla N° 21. resultados del índice BMWP/Col para las estaciones E3, E4 y E5: 195 puntos de valor BMWP/Col y con un valor ASPT de 6.96 de acuerdo a esto la calidad de agua es de clase I (aguas limpias o poco contaminadas)

BMWP/COL PARA LAS ESTACIONES E6 – E7			
FAMILIAS	Puntajes	Nº FAMILIAS	PUNTAJE TOTAL
Calamoceratidae, Odontoceridae, Perlidae, Psephenidae, Lymnysiidae	10	5	50
Leptophlebiidae,	9	1	9
Gerridae, Leptoceridae, palaeomonidae, Veliidae	8	4	32
Coenagrionidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohypidae, Naucoridae, Planariidae.	7	7	49
Aeshnidae, Elmidae, Libellulidae.	6	3	18
Mesoveliidae.	5	1	5
TOTAL		21	
TOTAL BMWP/COL			163
ASPT		7.76	

Tabla N° 22 resultados del índice BMWP/Col para las estaciones E6 y E7: 163 puntos de valor BMWP/Col y con un valor ASPT de 7.76 de acuerdo a esto la calidad de agua es de clase I (aguas limpias o poco contaminadas)

Variables Físicoquímicas y Microbiológicas.

El oxígeno disuelto se encuentra entre los valores normales para este parámetro (7.0 y 8.0mg/L) tomando un valor promedio de 7,9 y un porcentaje de saturación de 85,4% para todas las estaciones de muestreo; lo que confirma que el impacto que se genera por la actividad recreativa no es significativo; en cuanto a la variable Temperatura, con un valor promedio de 21°C para todas las estaciones de muestreo es característico para este afluente ya que es un río de alta montaña, más de 4000 msnm. El pH mantuvo los valores normales propios de aguas de montañas tropicales, el rango de variación entre las estaciones no supera las 0.3 milésimas de potencial de Hidrogeno. **Ver tabal N° 23** promedio de parámetros medidos *in situ*.

Tabla N° 23 PROMEDIO DE PARÁMETROS MEDIDOS <i>in situ</i>								
MUESTRAS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Promedio
pH	7,96	7,85	7,72	7,67	7,69	7,65	7,73	7,78
Temperatura(°C)	21	21	21	21	21	21	21	21
OD (mg/L)	7,6	7,8	8,3	8,0	7,8	8,1	7,9	7,9
%Saturación OD	82.02	83.92	89.37	86.1	83.92	87.19	85.02	85,4

Figura N° 9: medición *in situ* de oxígeno disuelto.



La conductividad que registraron todas las estaciones de muestreo en promedio es de 56,23 $\mu\text{S} / \text{cm}$ superando en 6,23 $\mu\text{S} / \text{cm}$ los rangos normales para aguas superficiales tropicales de montaña son de 10 a 50 $\mu\text{S} / \text{cm}$, Roldán (2003) esto indica, además, que

no se está afectando a la macrofauna acuática que reside en este ecosistema, de acuerdo a los resultados obtenidos en el inventario. Las diferencias geomorfológicas del cauce son insignificantes esto habría permitido que la conductividad fuera similar entre los sitios de muestreo ya que la naturaleza del sustrato determina en gran medida los valores de conductividad eléctrica y este puede oscilar incluso para un mismo sistema acuático. De otra parte, Montoya & Ramírez (2004) encontraron que la mineralización de la materia orgánica trae como consecuencia un incremento sustancial de la conductividad eléctrica el cual se acentúa con el aumento de la temperatura del agua.

La alcalinidad presenta valores normales (25,39 mg/L de CaCO_3) considerándose como bajos por ser $< 100\text{mg/L}$ de CaCO_3 (Roldan, 2003). Se presentan pequeñas diferencias entre estaciones, probablemente por las diferencias de materia orgánica, en su mayoría de origen vegetal, que en ella se encuentra y la influencia antrópicas.

La dureza (de 22,66) y los sulfatos (2,33) presentan valores normales para esta variable según la resolución 2115 de 2007 estipulándose en esta que la primera variable debe estar por debajo de los 300mg/L y la segunda en 250mg/L. Por tanto, los vertimientos de algunos tipos de jabones y detergentes hechos por los bañistas no está incidiendo en la calidad del agua para esta dos variables.

Los fosfatos, nitratos y nitritos presentan valores muy bajos, en promedio (0.06 mg/L), en todos los sitios de muestreo que se relacionan a tipos de aguas oligotróficas, pero en la parte baja del parque ecológico (E6 – E7), los fosfatos de las estaciones E1,E2 presentan un valor promedio (0.06) que difiere entre las demás estaciones en un rango de 0.01; entre el Balneario Hurtado (E3 – E4 – E5) y aguas abajo son iguales las concentraciones en promedio(0.07) esto puede estar generándose por los mismos procesos naturales del ecosistema y probablemente no por vertimientos de aguas con trazas de detergentes que se vierte por los múltiples bañistas que concurren al lugar.

La turbiedad en época de sequia fue muy baja, en promedio de unos 3,56 UNT, para todas las estaciones de muestreo, presentando las típicas aguas cristalinas de este rio y en época de lluvias esta se elevó, en promedio de unos 35.71 UNT, significativamente algo que es muy típico para esta clase de ríos en la cual las escorrentías superficiales arrastran materia orgánica, Sawyer & McCarty, 1967, esto se debe también a la entrada de compuestos alóctonos que son más frecuentes a medida que avanza el cauce.

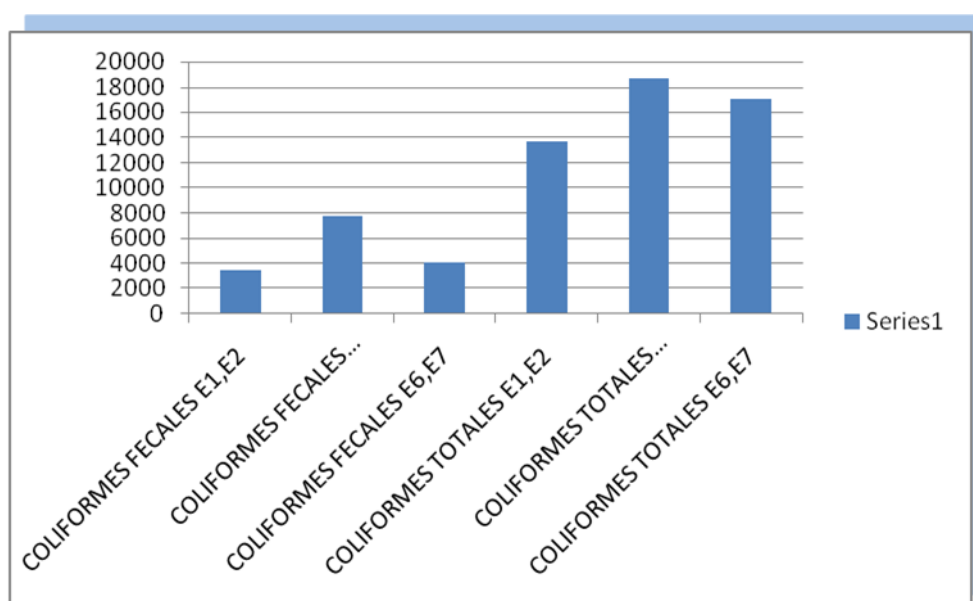
El número de coliformes fecales fue de 5127.50 y totales (NMP) presentó un valor promedio de 13826.11UFC/100 mL para todos los muestreos este alto valor es debido a la influencia de la misma actividad recreativa que en este sitio se realiza cotidianamente, Balneario Hurtado (E3 – E4 – E5) y prevalecen en aguas abajo (estaciones E6 – E7), además se vierten residuos sólidos biodegradables aumentando así la materia orgánica en descomposición que favorece el crecimiento de microorganismos bacterianos influyentes en la calidad del agua, sobre todo en época de sequia donde las aguas son poco turbulentas y estancadas; por otra parte se noto un ligero incremento de coliformes totales en época de lluvia posiblemente esto se deba, además, por lo antes mencionado y por los materiales alóctonos que las escorrentías superficiales transportan en el curso del

cause y desde las fincas ganaderas aledañas al río Guatapurí. Ver anexos N° 4 reporte de resultados de laboratorio.

En cuanto al promedio de coliformes fecales y totales por estaciones de muestreo tenemos en aguas arriba (E1 y E2), en el Balneario (E3, E4 y E5) y aguas abajo (E6 y E7) como se muestra en la Tabla N° 24 y gráfico N° 4.

Microorganismo	Concentración en UFC/100 mL
COLIFORMES FECALES E1,E2	3450
COLIFORMES FECALES E3,E4,E5	7750
COLIFORMES FECALES E6,E7	4070
COLIFORMES TOTALES E1,E2	13700
COLIFORMES TOTALES E3,E4,E5	18667
COLIFORMES TOTALES E6,E7	17050

TablaN° 24. Valores promedios de coliformes fecales y totales en estaciones de muestreo



graficoN°4: concentracion de coliformes por cada estación de muestreo.

Entonces, se estimó que las estaciones E1 y E2 son la que presentan mas bajos niveles de coliformes fecales y totales en relación a las demás estaciones pero aun así no dejan de ser alto, necesariamente esto se debe a todos aquellos materiales orgánicos que el río percibe en su cauce antes de llegar a Valledupar, finalmente se puede decir que las estaciones E3, E4, E5, E6 y E7 son las más contaminadas con coliformes y que el uso recreacional de las aguas naturales, como lo es para este caso, contribuye en el

incremento de la reproducción de bacterias coliformes y otros agentes microbianos cuando se da con uso cotidiano y masivo como sucede en este pequeño balneario.

Los promedios de coliformes fecales y totales por épocas de muestreo informaron que en época de sequia se presenta menor cantidad de estos agentes microbianos que en la época de lluvias, puede deberse al arrastre de material alóctonos por parte de las escorrentías superficiales y que finalmente llega al rio. Ver tabla N° 25 y grafico N° 5. Promedios de coliformes fecales y totales por épocas estacionales.

Promedios por épocas estacionales	Concentración en UFC/100 ml
Coliformes Fecales (sequia)	4539
Coliformes Fecales (lluvias)	5641.11
Coliformes Totales (sequia)	15633.3
Coliformes Totales (lluvias)	17311.11

Tabla N° 25. Comparación de las concentraciones de coliformes fecales y totales en las épocas de lluvias y sequia.

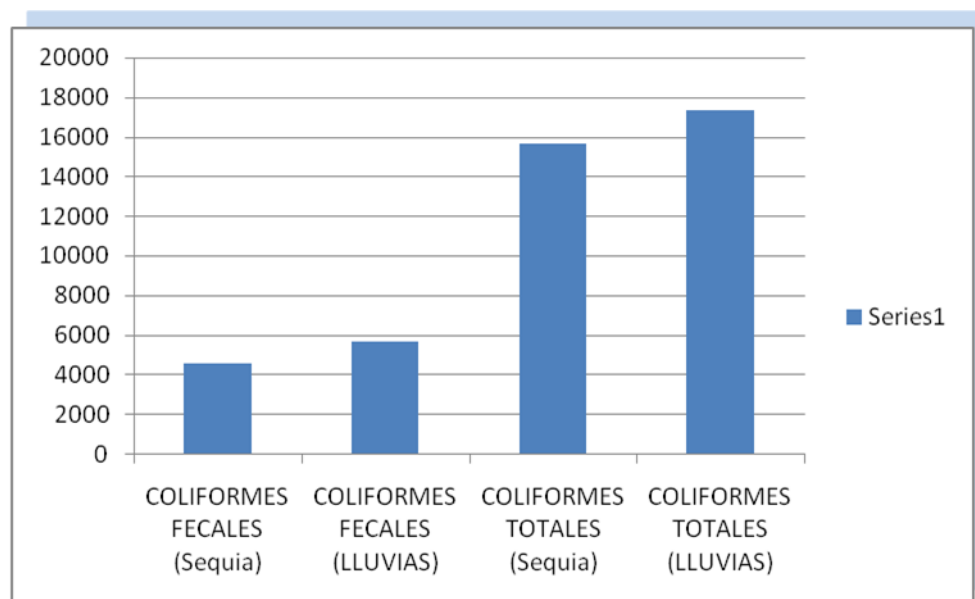



Grafico N° 5. Comparación de las concentraciones de coliformes fecales y totales en las épocas de lluvias y sequia

Índices ICO

- **ICOpH:** El pH promedio (7.73) registrado en los muestreos realizados permitió calcular en índice de contaminación por pH que arrojó un valor de 0,012 y que comparado con la **tabla N° 8**, significancia de los índices ICOS, se estimó que el grado de contaminación por esta variable es ninguno. Ver tabla N° 26 reporte ICOpH.

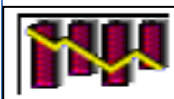


ICATest v1.0 - Reporte ICOpH

Fecha:	01/12/2009
Hora:	18:27:30
Lugar:	ESTACIONES DE MUESTREO RIO GUATAPURI
Analista:	NICOLAS MARTINEZ (MEDICION in situ)
Valor del índice:	0,012
Número de parámetros:	1
Grado de contaminación:	Ninguno
Rango:	0 - 0,2
Color:	Azul
Detalles:	
Parámetro	Resultado
pH	7,73

Tabla N° 26: reporte de resultados ICOpH.

- **ICOMI:** el índice de contaminación por mineralización se calculó a partir de los resultados promedio obtenidos de la Conductividad (56.23), Dureza (22.66) y Alcalinidad(25,39) arrojando un valor de 0,041, Ver tabla N°27 reporte de resultados ICOMI, cuyo significado en términos de contaminación es ninguna debido a que se encuentra entre el rango de 0 - 0,2.



ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

Fecha: 01/12/2009
Hora: 18:05:34
Lugar: ESTACIONES DE MUESTREO RIO GUATAPURI
Analista: LAB. CALIDAD DE AGUA UNIMAGDALENA

Valor del índice: 0,041
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	56,23	0,122
Dureza	22,66	0
Alcalinidad	25,39	0

Tabla N°27: reporte de resultados ICOMI.

- **ICOSUS:** El índice de contaminación por sólidos suspendidos se calculó a través del promedio de sólidos totales (39.0), como lo exige el software **ICATest v1.0**, de todas las estaciones en todos los muestreos realizados. El resultado obtenido es ningún grado de contaminación debido a que el valor del índice fue de 0.097 encontrándose en el rango de 0-0.2. Ver tabla N° 28 reporte de resultados ICOSUS.



ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS

Fecha: 01/12/2009
Hora: 18:08:01
Lugar: ESTACIONES DE MUESTREO RIO GUATAPURI
Analista: LAB. CALIDAD DE AGUA UNIMAGDALENA

Valor del índice: 0,097
Número de parámetros: 1
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:	
Parámetro	Resultado
Sólidos totales	39,0

Tabla N° 28 reporte de resultados ICOSUS

- **ICOMO:** El índice de contaminación por materia orgánica se calculó a través del promedio de DBO (4,57), coliformes fecales (5127,50) y porcentaje de oxígeno disuelto (85,4%). El resultado obtenido es un grado de contaminación bajo debido a que el valor del índice fue de 0,399 que se encuentra entre el rango de 0,2-0,4 que indica tal contaminación. Además se representa según la tabla N° 14, significancia de los índices ICOS, con el verde. Ver Tabla N° 29 reporte de resultados ICOMO

ICATest v1.0 - Reporte ICOMO		
Fecha:	02/12/2009	
Hora:	14:08:18	
Lugar:	ESTACIONES DE MUESTREO	
Analista:	LAB. PTAP EMDUPAR, VALLEDUPAR	
Valor del índice:	0,399	
Número de parámetros:	3	
Grado de contaminación:	Bajo	
Rango:	0,2 - 0,4	
Color:	Verde	
Detalles:		
Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	4,57	0,412
Coliformes fecales	5127,50	0,638
Oxígeno disuelto	85,4	0,146

Tabla N° 29 reporte de resultados ICOMO

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

No existe información específica que guarde relación a estudios que caractericen la macrofauna bentónica del Balneario Hurtado, por encima del puente concreto del Balneario y la parte baja del parque ecológico. Todos los estudios previos, en general, describen la condición ambiental del sistema a través de parámetros fisicoquímicos (Donoso, 1995), sin embargo, estos estudios, no permiten visualizar un efecto sobre la biota del sistema.

A pesar del grado de intervención a que se encuentra sometida la cuenca del río Guatapuri y específicamente el Balneario Hurtado, este estudio revela que existe una diversidad importante de macroinvertebrados acuáticos al identificarse un total de 75 taxa, calculada con el índice de Margalef, considerado una diversidad media

La comunidad de macroinvertebrados estuvo compuesta de 14 órdenes, 40 familias y 75 géneros; el mayor número de géneros fue para el orden Trichoptera (16), seguido por Hemiptera (16), Coleoptera (14) y Ephemeroptera (10). Dentro de los órdenes colectados se resaltaron los valores más significativos en número de individuos: Trichoptera (21.33%), Hemiptera (21.33%), Coleoptera (18.67%), Ephemeroptera (13.33%); Odonata (6.67%).

En casi todas las estaciones de muestreo, se presentó un alto número de familias con una buena representación en número de individuos por taxa, excepto las estaciones E4 y E5, lo cual está relacionado con el tipo de sustrato cuya composición en la mayoría de las estaciones es por rocas de tamaño medio y grande lo cual favorece la presencia de taxa adaptados a este tipo de hábitat en particular. Según Hynes (1974, Richards et al. (1993), Arocena et al. (2000) y Rincón (2002). Las características del lecho de una corriente es un factor determinante sobre la composición de los macroinvertebrados acuáticos, adicionalmente a que las fluctuaciones del caudal determinan la permanencia o no de las especies en un sitio determinado (Prat et al., 1995).

En general se observó que la mayor abundancia de individuos se presentó durante los periodos más secos (junio y julio); este hecho puede deberse a las condiciones hidrológicas de las corrientes las cuales determinan la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos. Según Riaño et al. (1993), cuando disminuyen los caudales aumenta la densidad de individuos, dada la exposición de un mayor número de sustratos y por ende el aumento en el área disponible para colonización. Por otro lado, en los periodos de aguas altas o medias, el arrastre de los sustratos determina la presencia de arena, fango y piedras más finas no aptas para la presencia de macroinvertebrados que no presenten algún tipo de adaptación a dichas condiciones.

Cabe destacar la presencia de individuos de la familia *Perlidae* que se encuentran en todas las estaciones de muestreo, esto está relacionado con la ausencia de factores de contaminación severos, lo cual incide en los resultados encontrados que reflejan la presencia de familias susceptibles a la contaminación.

En las estaciones E3, E4 y E5 la mayor abundancia fue representada por la familia Planariidae, Taxa indicador de ambientes pocos contaminados. Esta estación presentó la menor diversidad con respecto a las estaciones E1 y E2, y mayor dominancia, es debido probablemente a la presión antrópicas ejercida por la población que visita diariamente el Balneario; La comunidad biológica encontrada en las estaciones E6 y E7, fue la que presentó el menor número de familias lo cual es común en zonas con efectos de contaminación orgánica (Estéves, 1998) Resultados similares han reportados en estudios realizados por Matthias & Moreno (1983), De Pauw & Hawkes (1993), Jacobsen (1998,); Posada *et al.* (2000), Roldán (1999, 2003), Reinoso (1998), Zamora (1999), Zúñiga de Cardozo (1985), Zúñiga *et al.* (1997).

Los mayores valores de diversidad fueron alcanzados por las estaciones E1 y E2, Según Margalef (1951) & Perkins (1983) las altas diversidades en ambientes naturales se asocian con ambientes oligosaprobios, lo cual se cumple para este estudio teniendo en cuenta que la mayoría de las estaciones de muestreo, según el índice BMWP/Col presentaron una muy buena calidad del agua. La alta similaridad entre las estaciones E1, E2 y E3 se debe la presencia y abundancia de la familia Leptoheptidae, Baetidae y Glossosomatidae.

Mientras que la separación de las estaciones E6 y E7 del resto del grupo está relacionada con el menor número de taxa y la baja abundancia de individuos por taxa, igualmente en esta estación, es de relevancia destacar la alta abundancia de la familia Planariidae, Hidropsychidae, las cuales presentan mayor número de individuos, teniendo en cuenta según el BMWP/Col tienen una puntuación de siete, lo cual indica que son organismos poco tolerantes a la contaminación.

Los parámetros fisicoquímicos analizados indican que existe un impacto muy bajo en las estaciones ubicadas en la zona de estudio ya que existe una alta diversidad y equidad, mediana similaridad y baja dominancia, todo lo contrario a estas situaciones ha sido observado en ambientes con fuerte grado de perturbación expresado en una alta tasa de extinción y una alta dominancia de competitividad.

La aplicación del BMWP, define a las aguas de las estaciones (E1 – E2), las estaciones E3, E4 y E5 (Balneario Hurtado) y las estaciones E6 – E7 como limpias, no contaminadas o poco contaminadas. De acuerdo a los valores permisibles para agua de uso recreacional según el decreto 1594 de 1984. A partir de esta norma se puede afirmar que fisicoquímicamente el Balneario Hurtado cuenta con aguas apropiadas para dicha actividad ya sea de contacto primario y/o secundario debido a los niveles apropiados, en promedio, de pH(7,8), Tensoactivos (0.00gr/mL) y Porcentaje de Oxígeno disuelto (85%) es muy importante recalcar que no se detectaron compuestos fenólicos.

Microbiológicamente el número de coliformes totales, en cuanto a la actividad recreacional de contacto primario como la natación y el buceo, son muy altos (13826.11UFC/100 mL siendo el valor permisible de 1000 con lo cual se puede estar poniendo en riesgo la salud de los órganos de la visión, audición y garganta de las personas que suelen practicar estas actividades. En cuanto a contacto secundario, como los deportes náuticos y la pesca esta actividad no se lleva a cabo en este sitio

Los parámetros fisicoquímicos y el análisis de la macrofauna bentónica son coincidentes en mostrar una calidad del agua buena; los resultados que entregan los índices de diversidad e índices bióticos a través del análisis de comunidades de la macrofauna bentónica en este estudio, muestran que estos son buenos indicadores para el equilibrio de los sistemas acuáticos y pueden ser utilizados como un herramienta en la evaluación ambiental de los cuerpos loticos.

Según los resultados arrojados por los índices ICOs/Col aplicados y obteniendo con ellos un índice de ningún grado de contaminación, además, comparándolos con el resultado del índice BMWP/Col, aguas muy limpias, este ultimo índice es revalidado por el primero debido a que los dos indican que las aguas de las estaciones de muestreo no presentan un grado de contaminación significativo, es decir, que estas agua son muy limpias que a pesar de las actividades antrópicas llevadas a cabo en este no se ha generado un impacto que cambie considerablemente las condiciones fisicoquímicas y abióticas en este ecosistemas. Teniendo en cuenta que el índice ICOMO reveló que las aguas presentan un grado de contaminación medio este es generado por la proliferación de microorganismos (coliformes fecales y totales) que pueden, además, ser incorporado por escorrentías superficiales y por la actividad recreacional que se da cotidiana y masivamente en este lugar.

RECOMENDACIONES

- Promocionar en universidades e instituciones ambientales de la ciudad el uso de la bioindicación con macroinvertebrados dulceacuícolas en la evaluación de calidad de agua natural de los afluentes de la región y el departamento del Cesar debido a su poca utilización, probablemente por falta de conocimientos sobre este.
- Diseñar e implementar un sistema de evaluación hídrica para este balneario a través de la implementación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores debido al valor recreativo que este sitio tiene en la región.
- La Corporación Autónoma Regional, Corpocesar y los entes territoriales deben implementar programas de educación ambiental, desde escuelas, colegios y universidades, para la conservación de la calidad del agua del Balneario Hurtado debido a la buena calidad de estas aguas y por que no se debe esperara que se de un impacto mayor en este para generar medidas de conservación.

BIBLIOGRAFIA

- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS. IV SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUCÍA (SIAGA). ALMERÍA. VOL. II: 203-213.
- BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA. USO DEL METODO BMWP/COL. GABRIEL ALFONSO ROLDAN PEREZ.EDITORIAL UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. 2003
- CALIDAD DE AGUAS PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS AMBIENTALES. COLECCIÓN NOTAS DE CLASE. CARDENAS LEON JORGE ALONSO. FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.BOGOTA, 2005.
- ENSAYO DE UN MÉTODO PARA EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN RÍO CONTAMINADO DE LA CUIDAD DE LA PAZ - BOLIVIA. CARLOS I. MOLINA. ODILE FOSSATI. & RUBÉN MARÍN. CIENCIA ABIERTA INTERNACIONAL. VOL. 29, [ONLINE] ISSN 0717-8948 / ACCESO LIBRE. © 2006, UNIVERSIDAD DE CHILE.
- GUÍA PARA EVALUACIONES ECOLÓGICAS RÁPIDAS CON INDICADORES BIOLÓGICOS EN RÍOS DE TAMAÑO MEDIANO. MARIBEL MAFLA HERRERA.CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACIONY ENSEÑANZA (CATIE) TALAMANCA - COSTA RICA. 2005
- MARGALEF, R. 1951. DIVERSIDAD DE ESPECIES EN LAS COMUNIDADES NATURALES.P. INSTITUTO DE BIOLOGIA APLICADA, 9: 15-27.
- MARGALEF, R. 1983. *LIMNOLOGÍA*. OMEGA, BARCELONA.1010 PP.
- PERSPECTIVAS DEL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL 2000. PNUMA. ED. MANDÍ-PRENSA. 2000.
- POSADA, J.; ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J. 2000. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUAS DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS, ANTIOQUIA, COLOMBIA. EN: REVISTA BIOLOGÍA TROPICAL. 48 (1): 59-70.
- PENNAK, R.W. 1978. *FRESH-WATER INVERTEBRATES OF UNITED STATES*. SEGUNDA EDICIÓN. JOHN WILEY & SONS, NEW YORK. 628 PP.
- PIELOU, 1969. PIELOU E.C. 1969. AN INTRODUCTION TO MATHEMATICAL ECOLOGY. WALLEY. NEW YORK.

- ROLDAN P. G., 1998. , GUIA PARA LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES. , CENTRO DE INVESTIGACIONES CIEN.
- SHANNON, C. E. & W. WEAVER. 1949. THE MATHEMATICAL THEORY OF COMMUNICATION. THE UNIVERSITY OF ILLINOIS. URBANA, IL. 125 P.
- VIVENDI ENVIRONMENT. ANNUAL REPORT 2000
- WALLACE. J.B. & J.R. WEBSTER. 1996. THE ROLE OF MACROINVERTEBRATES IN STREAM ECOSYSTEM FUNCTION. *ANNU. REV. ENTOMOL.* 41:115-139
- ZAMORA, G.H. 1999. ADAPTACIÓN DEL ÍNDICE BMWP PARA LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EPICONTINENTALES EN COLOMBIA. *REV. UNICAUCA. CIENCIA.* 4: 47-60.
- [HTTP://WWW1.CEIT.ES/ASIGNATURAS/ECOLOGIA/TRABAJOS/RIOS/PRESENTA.HTM](http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/trabajos/rios/presenta.htm)

ANEXOS

Tabla 30. Índice de Shannon-Wiener (H') estaciones E1 y E2

Género	No. Individuos	pi	LN pi	-Σpi * Lnpi
Hypolobocera	5	0,0071	-4,943	-0,035
Microcylloepus	42	0,0599	-2,815	-0,169
Cylloepus	3	0,0043	-5,454	-0,023
Stenelmis	16	0,0228	-3,780	-0,086
Heterelmis	7	0,0100	-4,607	-0,046
Psephenops	14	0,0200	-3,913	-0,078
Anchytarsus	25	0,0357	-3,334	-0,119
Eulimnichus	2	0,0029	-5,859	-0,017
Stenus	2	0,0029	-5,859	-0,017
Paltostorna	3	0,0043	-5,454	-0,023
Chironomus	10	0,0143	-4,250	-0,061
Atopophlebia	15	0,0214	-3,844	-0,082
Farrodes	11	0,0157	-4,155	-0,065
Thraulodes	12	0,0171	-4,068	-0,070
Ulmeritoides	37	0,0528	-2,942	-0,155
Haplohyphes	6	0,0086	-4,761	-0,041
Leptohyphes	57	0,0813	-2,509	-0,204
Camelobaetidium	6	0,0086	-4,761	-0,041
Baetodes	7	0,0100	-4,607	-0,046
Aquarius	12	0,0171	-4,068	-0,070
Limnogonus	22	0,0314	-3,461	-0,109
Ovatametra	18	0,0257	-3,662	-0,094
Trepobatoides	9	0,0128	-4,355	-0,056
Mesoveiloidea	1	0,0014	-6,553	-0,009
Ambrysus	11	0,0157	-4,155	-0,065
Cryphocricos	13	0,0185	-3,988	-0,074

Huseyella	27	0,0385	-3,257	-0,125
Microvelia	15	0,0214	-3,844	-0,082
Stridulivelia	3	0,0043	-5,454	-0,023
Parargyractis	1	0,0014	-6,553	-0,009
Tenegobia	21	0,0300	-3,508	-0,105
Telebasis	15	0,0214	-3,844	-0,082
Anacroneuria	23	0,0328	-3,417	-0,112
Protoptila	6	0,0086	-4,761	-0,041
Montoniella	15	0,0214	-3,844	-0,082
Leptonema	24	0,0342	-3,374	-0,116
Smicridea	2	0,0029	-5,859	-0,017
Macrostemum	10	0,0143	-4,250	-0,061
Hydroptila	24	0,0342	-3,374	-0,116
Ochrotrichia	3	0,0043	-5,454	-0,023
Oxyethira	16	0,0228	-3,780	-0,086
Triplectides	23	0,0328	-3,417	-0,112
Chimarra	32	0,0456	-3,087	-0,141
Dolophilodes	8	0,0114	-4,473	-0,051
Marilia	18	0,0257	-3,662	-0,094
Uncancylus	2	0,0029	-5,859	-0,017
Physa	1	0,0014	-6,553	-0,009
Helisoma	1	0,0014	-6,553	-0,009
Dugesia	45	0,0642	-2,746	-0,176
TOTAL	701	1,0000		-3,545
			H'	3,545

Tabla 31. Índice de Shannon-Wiener (H') estaciones E3, E4 y E5

Género	No. Individuos	pi	LN pi	$-\sum pi * Lnpi$
Hypolobocera	2	0,0027	-5,918	-0,016
Macrobachium	11	0,0148	-4,213	-0,062
Cylloepus	5	0,0067	-5,001	-0,034
Macrelmis	3	0,0040	-5,512	-0,022
Microcylloepus	18	0,0242	-3,720	-0,090
Noelmis	3	0,0040	-5,512	-0,022
Stenelmis	18	0,0242	-3,720	-0,090
Psephenops	14	0,0188	-3,972	-0,075
Anchytarsus(larva)	7	0,0094	-4,665	-0,044
Lutrochus	1	0,0013	-6,611	-0,009
Atopophlebia	15	0,0202	-3,903	-0,079
Farrodes	78	0,1050	-2,254	-0,237
Terpides	1	0,0013	-6,611	-0,009
Thraulodes	81	0,1090	-2,216	-0,242
Tricorythodes	12	0,0162	-4,126	-0,067
Ulmeritoides	63	0,0848	-2,468	-0,209
Leptohyphes	45	0,0606	-2,804	-0,170
Trepobates	17	0,0229	-3,777	-0,086
Hydrometra	3	0,0040	-5,512	-0,022
Mesoveiloidea	3	0,0040	-5,512	-0,022
Ranatra	3	0,0040	-5,512	-0,022
Ambrysus	3	0,0040	-5,512	-0,022
Cryphocricos	6	0,0081	-4,819	-0,039
Limnocuris	21	0,0283	-3,566	-0,101
Huseyella	36	0,0485	-3,027	-0,147
Corydalus	6	0,0081	-4,819	-0,039
Iestes	15	0,0202	-3,903	-0,079
Brechmorhoga	4	0,0054	-5,224	-0,028
Anacroneuria	3	0,0040	-5,512	-0,022
Phylloicus	6	0,0081	-4,819	-0,039


Protoptila	14	0,0188	-3,972	-0,075
Leptonema	6	0,0081	-4,819	-0,039
Macrostemum	21	0,0283	-3,566	-0,101
Smicridea	12	0,0162	-4,126	-0,067
Neotrichia	9	0,0121	-4,413	-0,053
Atanatoica	9	0,0121	-4,413	-0,053
Marilia	15	0,0202	-3,903	-0,079
Helisoma	3	0,0040	-5,512	-0,022
Uncancylus	1	0,0013	-6,611	-0,009
Physa	12	0,0162	-4,126	-0,067
Pisidium	3	0,0040	-5,512	-0,022
Dugesia	135	0,1817	-1,705	-0,310
TOTAL	743	1,0000		-3,042
			H'	3,042

Tabla 32. Índice de Shannon-wiener (H') estaciones E6 y E7

Género	No. Individuos	Pi	LN pi	$-\sum pi * Lnpi$
Macrobachium	17	0,0266	-3,628	-0,096
Disersus (larva)	5	0,0078	-4,852	-0,038
Hexacylloepus	3	0,0047	-5,363	-0,025
Microcyloepus	36	0,0563	-2,878	-0,162
Narpus (larva)	15	0,0234	-3,753	-0,088
Stenelmis (larva)	7	0,0109	-4,516	-0,049
Psephenops	47	0,0734	-2,611	-0,192
Farrodes	3	0,0047	-5,363	-0,025
Leptohyphes	4	0,0063	-5,075	-0,032
Brachymetra	15	0,0234	-3,753	-0,088
Eurygerris	12	0,0188	-3,977	-0,075
Mesoveiloidea	24	0,0375	-3,283	-0,123
Cryphocricos	9	0,0141	-4,264	-0,060

Huseyella	33	0,0516	-2,965	-0,153
Microvelia	18	0,0281	-3,571	-0,100
Stridulivelia	2	0,0031	-5,768	-0,018
Caryphaeshna	45	0,0703	-2,655	-0,187
Argia	8	0,0125	-4,382	-0,055
Telebasis	6	0,0094	-4,670	-0,044
Brechmorhoga	9	0,0141	-4,264	-0,060
Anacroneuria	6	0,0094	-4,670	-0,044
Phylloicus	5	0,0078	-4,852	-0,038
Protophila	6	0,0094	-4,670	-0,044
Montoniella	33	0,0516	-2,965	-0,153
Leptonema	4	0,0063	-5,075	-0,032
Macrostemum	63	0,0984	-2,318	-0,228
Smicridea	15	0,0234	-3,753	-0,088
Hydroptila	2	0,0031	-5,768	-0,018
Atanatolita	39	0,0609	-2,798	-0,170
Grumichella	3	0,0047	-5,363	-0,025
Triplectides	19	0,0297	-3,517	-0,104
Marilia	33	0,0516	-2,965	-0,153
Lymnnessia	1	0,0016	-6,461	-0,010
Dugesia	93	0,1453	-1,929	-0,280
TOTAL	640	1,0000		-3,057
			H'	3,057

Reporte de Resultados de Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 14-06-09	FECHA DE ENTRADA: 14-06-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

AGUAS ARRIBA

PARÁMETRO FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E1	E2	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			
COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 ml	2200	3100	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 ml	8300	8500	0 UFC
D.B.O	Oxítóp	mg/l O ₂	2	2	Remoción ≥ 80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l O ₂	10	14	Remoción ≥ 80%
OBSERVACIONES:					
FECHA: 22-JUN-2009					
AGUAS ARRIBA TOMADA POR: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ					


LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ GARCIA	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ GARCIA	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ GARCIA
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 14-06-09	FECHA DE ENTRADA: 14-06-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

BALNEARIO HURTADO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E3	E4	E5	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB				
		Unidad				

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	2900	3700	3200	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	10400	13700	11100	0 UFC
D.B.O	Oxítóp	mg/l 02	1	3	2	Remoción >=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	11	13	10	Remoción >=80%

OBSERVACIONES:
FECHA: 22-JUN- 2009
BALNEARIO HURTADO TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ -CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ -CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 14-06-09	FECHA DE ENTRADA: 14-06-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

AGUAS ABAJO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E6	E7	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	6200	6850	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	13400	14500	0 UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	4	4	Remoción>=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	2	12	Remoción>=80%

OBSERVACIONES:

FECHA:22-JUN- 2009

AGUAS ABAJO

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 12-07-09	FECHA DE ENTRADA: 12-07-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

AGUAS ARRIBA

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E1	E2	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	2000	2700	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	9300	9230	0 UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	4	7	Remoción>=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	13	11	Remoción>=80%

OBSERVACIONES:

FECHA:21-JUL-2009

AGUAS ARRIBA

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 12-07-09	FECHA DE ENTRADA: 12-07-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

BALNEARIO HURTADO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E3	E4	E5	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB				
		Unidad				

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	5700	18300	17000	O UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	11000	13500	11600	O UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	3	6	4	Remoción >= 80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	12	16	18	Remoción >= 80%


OBSERVACIONES:

FECHA: 21-JUL-2009

BALNEARIO HURTADO

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 16-08-09	FECHA DE ENTRADA: 16-08-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

AGUAS ARRIBA

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E1	E2	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	4200	4600	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	15800	13000	0 UFC
D.B.O	Oxítóp	mg/l 02	3	5	Remoción >= 80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	8	15	Remoción >= 80%

OBSERVACIONES:

FECHA: 24-AGOS-2009

AGUAS ARRIBA

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ


LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 16-08-09	FECHA DE ENTRADA: 16-08-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

BALNEARIO HURTADO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E3	E4	E5	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB				
		Unidad				

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	4600	4300	5200	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	18000	14700	17100	0 UFC
D.B.O	Oxítóp	mg/l 02	9	12	11	Remoción >= 80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	10	10	11	Remoción >= 80%

OBSERVACIONES:

FECHA: 24-AGOS-2009

BALNEARIO HURTADO

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 16-08-09	FECHA DE ENTRADA: 16-08-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54


AGUAS ABAJO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E6	E7	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	4800	4300	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	12700	19100	0 UFC
D.B.O	Oxítóp	mg/l 02	3	3	Remoción >=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	10	9	Remoción >=80%

OBSERVACIONES:
FECHA: 24-AGOS-2009
AGUAS ABAJO TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ


LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 13-09-09	FECHA DE ENTRADA: 13-09-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54


AGUAS ARRIBA

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E1	E2	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	2500	2500	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	13000	13000	0 UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	5	5	Remoción>=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	16	22	Remoción>=80%

OBSERVACIONES:
FECHA:18-SEPT-2009
AGUAS ARRIBA
TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ


LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 13-09-09	FECHA DE ENTRADA: 13-09-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

BALNEARIO HURTADO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E3	E4	E5	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB				
		Unidad				


COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	7000	12700	12800	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	14000	14100	34100	0 UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	6	3	8	Remoción>=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	13	16	15	Remoción>=80%

OBSERVACIONES:

FECHA:18-SEPT-2009

BALNEARIO HURTADO

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ


LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción

	FORMATO RESULTADOS DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS	FO-GA-28
		Versión: 1
		Fecha: 18-11-08
		Página: 1 de 1

SOLICITANTE: NICOLÁS MARTÍNEZ -CECILIA GÓMEZ	PROPIETARIO: NICOLÁS MARTÍNEZ -CECILIA GÓMEZ	ENTIDAD: NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ
MUNICIPIO: VALLEDUPAR	DEPARTAMENTO: CESAR	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
FECHA DE MUESTREO: 13-09-09	FECHA DE ENTRADA: 13-09-09	DIRECCIÓN: Tr 24ª N° 19-54

AGUAS ABAJO

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Método Analítico	No. Muestra	E6	E7	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115/2007
		No. LAB			
		Unidad			

COLIFORMES FECALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	3700	3480	0 UFC
COLIFORMES TOTALES	Filtración de Membrana	UFC/100 mi	18100	18300	0 UFC
D.B.O	Oxitop	mg/l 02	2	3	Remoción>=80%
DQO	Reflujo abierto	mg/l 02	10	15	Remoción>=80%

OBSERVACIONES:

FECHA: 18-SEPT-2009

AGUAS ABAJO

TOMADA POR. NICOLÁS MARTÍNEZ - CECILIA GÓMEZ

LENIN MENDOZA TURIZO
 Jefe División de Producción



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

Santa Marta, 24 de junio de 2009

SEÑOR
NICOLAS MARTINEZ GARCIA

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis realizados a tres muestras de agua de del río Guatapuri.

MUESTRA: La muestra de agua se tomó en botellas de plásticas de 600 ml, y trasladada al laboratorio de Calidad de Aguas de la universidad del Magdalena. La recolección de la muestra fue realizada por el solicitante del análisis.

La metodología implementada en la realización de los análisis se basa en: **American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA). Water Pollution Control Federation (WPCF). 1998.** Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington DC, 1193 pp.

Metodología

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
Alcalinidad	Volumétrica con HCl (Standard methods)
Conductividad	Método potenciométrico (Standard methods)
Dureza total	Titulación con EDTA
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw197
Fosfatos	Ácido ascórbico (Standard methods)
Nitritos	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods)
Nitratos	Reducción con Cd-Cu/ colorimetría (Standard Methods)
Sólidos totales	Método gravimétrico (Standard Methods)
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Método gravimétrico
Sulfatos	Solución clorhídrica con sulfato de bario
Turbiedad	Método nefelométrico
Tensoactivos	Espectrofotometría
Fenoles	Espectrofotometría

*Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368*



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO AGUA

PARÁMETRO	Aguas arriba		Balneario Hurtado			Aguas abajo		Valor permisible resolución 2115 del 2007
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	23,74	25,20	27,1	26,90	25,3	27	28,48	200
Conductividad μS/cm	55,3	54,84	61,03	58,71	54,98	53,31	54,62	1000
Color aparente upc	20	20	20	20	20	20	20	15
Color real upc	10	10	10	10	10	10	10	15
Dureza total mg/L CaCO ₃	22,4	21,95	21	19,28	20,23	20,57	19	300
pH	7,57	7,55	7,58	7,60	7,58	7,62	7,54	6.5 – 9.0
Fosfatos mg/L PO ₄	0,0086	0,008	0,0092	0,0085	0,0095	0,009	0,0093	0.5
Nitritos mg/ L NO ₂	0,03	0,05	0,07	0,07	0,090	0,092	0,086	0,1
Nitratos mg/L NO ₃	0,51	0,53	0,50	0,52	0,58	0,62	0,62	10
Sólidos totales mg/L	27	26	27	26	29	28	28	500
Sólidos suspendidos mg/L	54	52	55	58	59	59	59	***
Sólidos disueltos mg/L	14	14	12	15	15	14	15	****
Sulfatos mg/L SO ₄	1,85	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	1,94	250
Turbiedad UNT	3,35	3,35	2,86	2,88	2,88	3,92	3,92	2
Tensoactivos mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****
Fenoles mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****

**** No establecido en la norma
ND= No detectable

Atento a sus comentarios,

Isaac Romero Borja
ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador
Laboratorio de Calidad del Agua.

Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

Santa Marta, 17 de julio de 2009

SEÑOR
NICOLAS MARTINEZ GARCIA

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis realizados a tres muestras de agua de del río Guatapurí.

MUESTRA: La muestra de agua se tomó en botellas de plásticas de 600 ml, y trasladada al laboratorio de Calidad de Aguas de la universidad del Magdalena. La recolección de la muestra fue realizada por el solicitante del análisis.

La metodología implementada en la realización de los análisis se basa en: **American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA). Water Pollution Control Federation (WPCF). 1998.** Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington DC, 1193 pp.

Metodología

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
Alcalinidad	Volumétrica con HCl (Standard methods)
Conductividad	Método potenciométrico (Standard methods)
Dureza total	Titulación con EDTA
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw197
Fosfatos	Ácido ascórbico (Standard methods)
Nitritos	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods)
Nitratos	Reducción con Cd-Cu/ colorimetría (Standard Methods)
Sólidos totales	Método gravimétrico (Standard Methods)
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Método gravimétrico
Sulfatos	Solución clorhídrica con sulfato de bario
Turbiedad	Método nefelométrico
Tensoactivos	Espectrofotometría
Fenoles	Espectrofotometría

*Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368*



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

RESULTADOS ANÁLISIS FISIQUÍMICO AGUA

PARÁMETRO	Aguas arriba		Balneario Hurtado			Aguas abajo		Valor permisible resolución 2115 del 2007
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	27,31	26,74	23,96	25,77	25,81	26,52	25,91	200
Conductividad μS/cm	53	56	57	56	57	56	56	1000
Color aparente upc	23	23	23	23	23	23	23	15
Color real upc	12	12	12	12	12	12	12	15
Dureza total mg/L CaCO ₃	23,94	20,03	20,12	21	22,03	20,19	20,68	300
pH	7,54	7,57	7,62	7,60	7,60	7,62	7,60	6.5 – 9.0
Fosfatos mg/L PO ₄	0,006	0,006	0,007	0,005	0,006	0,006	0,006	0.5
Nitritos mg/ L NO ₂	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0.1
Nitratos mg/L NO ₃	0,6	0,65	0,57	0,63	0,61	0,61	0,61	10
Sólidos totales mg/L	29	26	29	29	32	29	35	500
Sólidos suspendidos mg/L	40	45	42	45	45	47	46	***
Sólidos disueltos mg/L	11	13	12	13	13	14	14	****
Sulfatos mg/L SO ₄	2,0	1,6	1,6	2,0	2,0	2,3	2,2	250
Turbiedad UNT	3,58	3,92	3,83	4,5	3,18	3,42	4,3	2
Tensoactivos mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****
Fenoles mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****

**** No establecido en la norma
ND= No detectable

Atento a sus comentarios,

Isaac Romero Borja
ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador
Laboratorio de Calidad del Agua.

Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

SEÑOR
NICOLAS MARTINEZ GARCIA

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis realizados a tres muestras de agua de del río Guatapurí.

MUESTRA: La muestra de agua se tomó en botellas de plásticas de 600 ml, y trasladada al laboratorio de Calidad de Aguas de la universidad del Magdalena. La recolección de la muestra fue realizada por el solicitante del análisis.

La metodología implementada en la realización de los análisis se basa en: **American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA). Water Pollution Control Federation (WPCF). 1998.** Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington DC, 1193 pp.

Metodología

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
Alcalinidad	Volumétrica con HCl (Standard methods)
Conductividad	Método potenciométrico (Standard methods)
Dureza total	Titulación con EDTA
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw197
Fosfatos	Ácido ascórbico (Standard methods)
Nitritos	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods)
Nitratos	Reducción con Cd-Cu/ colorimetría (Standard Methods)
Sólidos totales	Método gravimétrico (Standard Methods)
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Método gravimétrico
Sulfatos	Solución clorhídrica con sulfato de bario
Turbiedad	Método nefelométrico
Tensoactivos	Espectrofotometría
Fenoles	Espectrofotometría

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO AGUA

*Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368*



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

PARÁMETRO	Aguas arriba		Balneario Hurtado			Aguas abajo		Valor permisible resolución 2115 del 2007
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	20,18	22,32	21,67	21,93	21,87	22,16	21,69	200
Conductividad μS/cm	58,37	58,25	57,03	56,87	57,27	58,09	57,84	1000
Color aparente upc	42	42	42	42	42	42	42	15
Color real upc	20	19	20	20	20	20	20	15
Dureza total mg/L CaCO ₃	24	26	24	24	24	24	24	300
pH	7,73	7,77	7,71	7,70	7,72	7,72	7,70	6.5 – 9.0
Fosfatos mg/L PO ₄	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0.5
Nitritos mg/ L NO ₂	0,043	0,04	0,051	0,047	0,05	0,048	0,045	0.1
Nitratos mg/L NO ₃	0,51	0,53	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	10
Sólidos totales mg/L	43	45	42	44	48	38	42	500
Sólidos suspendidos mg/L	33	35	30	38	39	30	37	***
Sólidos disueltos mg/L	19	21	17	14	23	25	22	****
Sulfatos mg/L SO ₄	2,4	2,2	2,2	2,2	2,1	2,3	2,2	250
Turbiedad UNT	23,8	24,1	23	23	23	23	23	2
Tensoactivos mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	***
Fenoles mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****

**** No establecido en la norma
ND= No detectable

Atento a sus comentarios,

Isaac Romero Borja
ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador
Laboratorio de Calidad del Agua.

*Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368*



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

Santa Marta, 23 de septiembre de 2009

SEÑOR
NICOLAS MARTINEZ GARCIA

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis realizados a tres muestras de agua de del río Guatapuri.

MUESTRA: La muestra de agua se tomó en botellas de plásticas de 600 ml, y trasladada al laboratorio de Calidad de Aguas de la universidad del Magdalena. La recolección de la muestra fue realizada por el solicitante del análisis.

La metodología implementada en la realización de los análisis se basa en: **American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA). Water Pollution Control Federation (WPCF). 1998.** Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington DC, 1193 pp.

Metodología

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
Alcalinidad	Volumétrica con HCl (Standard methods)
Conductividad	Método potenciométrico (Standard methods)
Dureza total	Titulación con EDTA
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw197
Fosfatos	Ácido ascórbico (Standard methods)
Nitritos	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods)
Nitratos	Reducción con Cd-Cu/ colorimetría (Standard Methods)
Sólidos totales	Método gravimétrico (Standard Methods)
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Método gravimétrico
Sulfatos	Solución clorhídrica con sulfato de bario
Turbiedad	Método nefelométrico
Tensoactivos	Espectrofotometría
Fenoles	Espectrofotometría

*Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368*



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

RESULTADOS ANÁLISIS FISIQUÍMICO AGUA

PARÁMETRO	Aguas arriba		Balneario Hurtado			Aguas abajo		Valor permisible resolución 2115 del 2007
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	27,64	27,58	27,53	28,02	28	28,12	26,96	200
Conductividad μS/cm	54,23	54,73	54,25	57,08	54,59	56,10	56	1000
Color aparente upc	36	36	36	36	36	36	36	15
Color real upc	17	17	17	17	17	17	17	15
Dureza total mg/L CaCO ₃	25	25	24	24	25	23	26	300
pH	7,67	7,65	7,65	7,63	7,68	7,62	7,62	6.5 – 9.0
Fosfatos mg/L PO ₄	0,006	0,0058	0,0062	0,0065	0,0065	0,0064	0,0066	0.5
Nitritos mg/ L NO ₂	0,07	0,07	0,07	0,07	0,073	0,072	0,083	0.1
Nitratos mg/L NO ₃	0,62	0,63	0,60	0,62	0,68	0,65	0,66	10
Sólidos totales mg/L	56	59	52	55	58	58	52	500
Sólidos suspendidos mg/L	27	32	35	42	29	30	31	***
Sólidos disueltos mg/L	19	21	17	14	23	25	22	****
Sulfatos mg/L SO ₄	2,9	3,2	3,2	3,2	2,8	3,2	3,3	250
Turbiedad UNT	48	47	48	52	49	46	47	2
Tensoactivos mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	***
Fenoles mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	****

**** No establecido en la norma
ND= No detectable

Atento a sus comentarios,

Isaac Romero Borja
ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador
Laboratorio de Calidad del Agua.

Universidad del Magdalena
Avenida del Ferrocarril Carrera 32 N°. 22-08 San Pedro Alejandrino
Teléfono: 4301292-4303368

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 10



Fig. 10: Blephariceridae



Fig. 11: Odontoceridae



Fig. 12: Perlidae



Fig. 13: Lymnessiidae



Fig. 14: Calamoceratidae



Fig. 15: Psephenidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 9



Fig. 16: Leptophlebiidae



Fig. 17: Philopotamidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 8



Fig. 18: Gerridae



Fig. 19: Leptoceridae

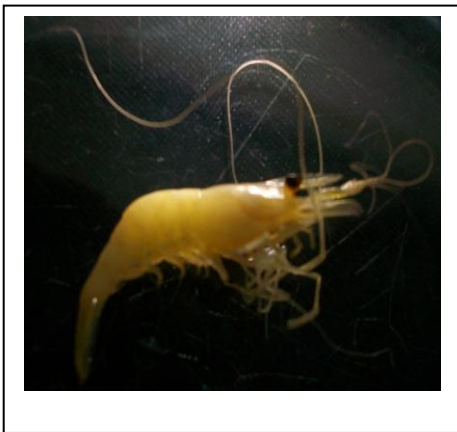


Fig. 20: Palaemonidae



Fig. 21: Veliidae



Fig. 22: Lestidae



Fig. 23: Pseudothelpusidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 7

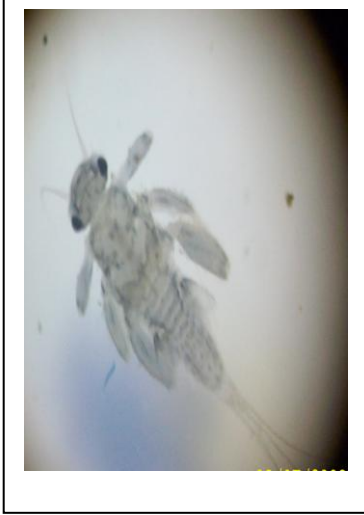


Fig. 24: Leptohypidae



Fig. 25: Planariidae



Fig. 26: Coenagrionidae

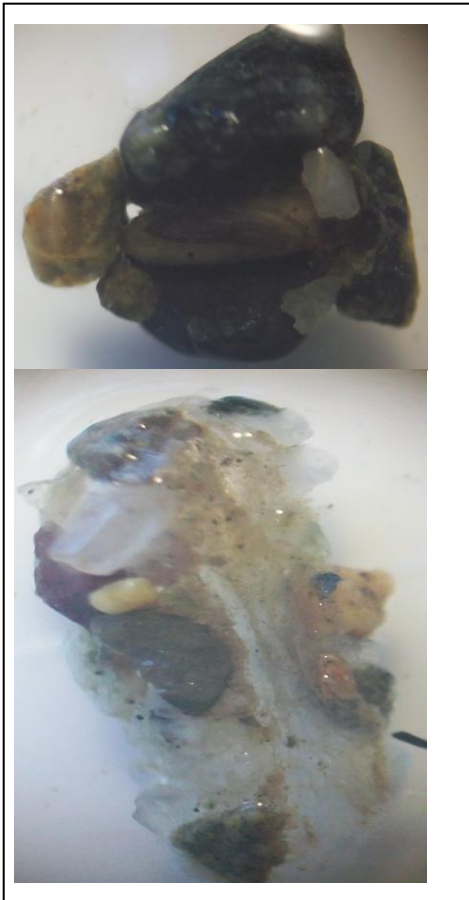


Fig. 27: Glossossomatidae



Fig. 28: Hydropsychidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 7



Fig. 29: Naucoridae



Fig. 30: corixidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 6



Fig. 31: Libellulidae



Fig. 32: Corydalidae

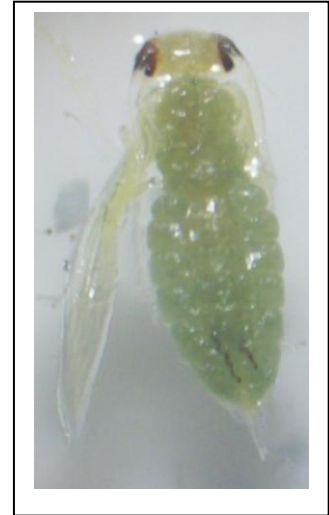


Fig. 33: Aeshnidae



Fig. 34: Elmidae (Larva)

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 6



Fig. 35: Elmidae (Adulto)



Fig. 36: Lutrochidea

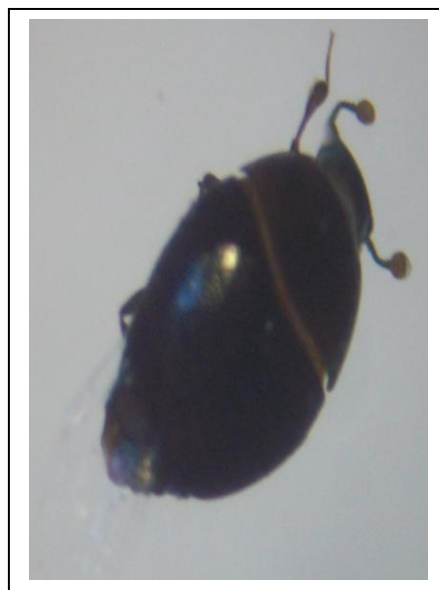


Fig. 37: Limnichidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBREDOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 5



Fig. 38: Nepidae



Fig. 39: Planorbidae

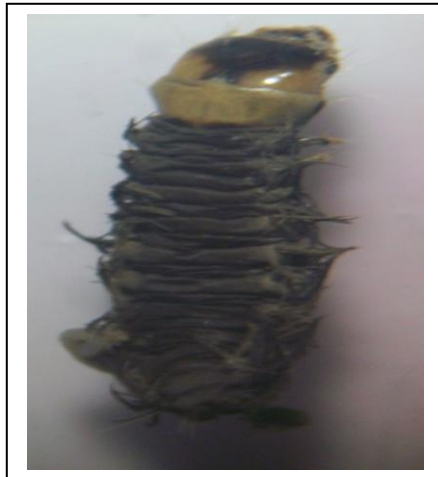


Fig. 40: Pyralidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBREDOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 4

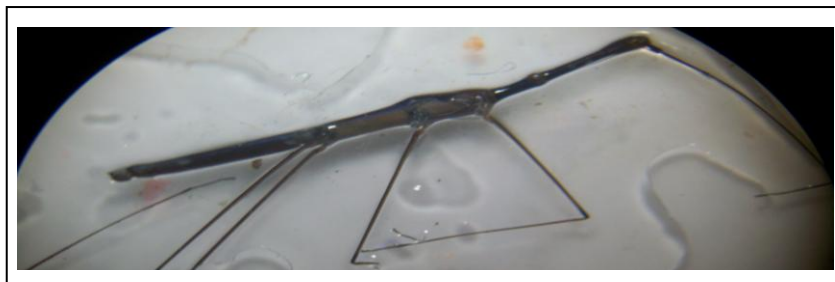


Fig. 41: Hydrometridae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBREDOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 3



Fig. 42: Physidae

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MACROINVERTEBREDOS ACUATICOS.

Macroinvertebrados con puntaje BMW/Col: 2



Fig. 43: Chironomidae