

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, DETERMINADA A TRAVÉS DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS IMPLEMENTANDO INDICES
BIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS, EN EL BALNEARIO HURTADO, RIO
GUATAPURI, VALLEDUPAR –CESAR.**

MAIRO RAFAEL BLANCO MONTERROSA

JOSE DIONEL PEREZ DORADO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

2020

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, DETERMINADA A TRAVÉS DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS IMPLEMENTANDO INDICES
BIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS, EN EL BALNEARIO HURTADO, RIO
GUATAPURI, VALLEDUPAR –CESAR.**

MAIRO RAFAEL BLANCO MONTERROSA

JOSE DIONEL PEREZ DORADO

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR
EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIA**

DIRECTOR

ALEX ABIB TROYA TOLOZA

MAGISTER EN BIOTECNOLOGIA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

2020

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACION	11
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. MARCO REFERENCIAL	15
4.1 ANTECEDENTES	15
4.2 MARCO TEÓRICO	17
4.2.1 Los macroinvertebrados como organismos indicadores de la calidad del agua.	18
4.2.2 Indices BMWP (Biological Monitoring Working Party-)	19
4.2.3 Índice de diversidad de Shannon	21
4.2.4 Índice de <i>equidad</i> de Pielou	22
4.3 MARCO CONCEPTUAL	23
4.3.1 Calidad del agua	23
4.3.2 Bioindicador	23
4.3.3 La demanda química de oxígeno (DQO)	23
4.3.4 La demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	24
4.3.5 Oxigeno Disuelto (OD)	24
4.3.6 Temperatura	24
4.3.7 El pH	25
4.3.8 Alcalinidad	25
4.3.9 Dureza	25
4.3.10 Conductividad	26
4.3.11 Turbiedad	26
4.3.12 Sólidos suspendidos totales (SST)	26

4.3.13 Solidos disueltos(sd)	27
4.3.14 Coliformes fecales	27
4.3.15 Coliformes totales	27
4.4 MARCO CONTEXTUAL	28
4.4.1 Localización del área de estudio	28
4.4.2 Generalidades	30
4.4.3 Flora	31
4.4.4 Fauna	31
4.4.5 Clima	31
4.5 MARCO LEGAL	33
5. HIPOTESIS	34
6. METODOLOGÍA	35
6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
6.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	36
6.3 AREA DE ESTUDIO	36
6.3.1 Fase 1°: Caracterización de los sitios de muestreo, recolección y Análisis de la muestra de macroinvertebrados acuáticos y agua para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	40
6.3.1.1 Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos	40
6.3.1.2 Medición de factores físicos–químicos ambientales	41
6.3.1.3 Colecta, separación e identificación las muestras de macroinvertebrados hasta la categoría taxonómica de familia o genero.	41
6.3.1.4 Método de muestreo de corriente (kick-sampling)	42
6.3.1.5 Recomendaciones generales para el muestreo que se tendrán en cuenta	45
6.3.1.6 Control de Calidad para la separación de macroinvertebrados bénticos	45
6.3.1.7 Elementos de trabajo de campo	46
6.3.1.8 Identificación de los macroinvertebrados	48
6.3.1.9 Determinación taxonómica de macroinvertebrados	48
6.3.1.10 Claves para la determinación de los principales grupos de invertebrados acuáticos	50

6.3.1.10 Clave para la determinación de los órdenes de insectos en las fases acuáticas	51
6.3.1.11 Control de Calidad para la Taxonomía de macroinvertebrados acuáticos colectados	52
6.3.1.12 Registro de los datos	52
6.3.1.13 Cálculos	53
6.3.1.14 Aseguramiento de la calidad para la toma de muestras de macroinvertebrados	56
6.3.2 Fase 2°: Análisis de muestras en laboratorio	56
6.3.2.1 Métodos utilizados para la medición de las variables Físicoquímicas y Microbiológicas estudiadas	57
6.3.3 Fase 3°: Análisis de la información.	58
6.3.3.1 Índice de Margalef (DMg)	61
6.3.3.2 Índice de Shannon-Weaver	61
6.3.3.3 Índice de Pielou	62
6.3.3.3 ¿Qué debe hacer con los datos obtenidos?	63
7.RESULTADOS	69
7.1 análisis de resultado	92
7.2 Variables fisicoquímicas	93
8.8. ESTRATEGIA DE FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA COMUNIDAD DEL BALNEARIO HURTADO, RIO GUATAPURI, CON EL FIN DE EVITAR LA CONTAMINACIÓN.	95
8.1 Objetivo	95
8.2 Finalidad de esta estrategia	95
8.3 Etapas para la implementación de la estrategia	96
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	99
10. PRESUPUESTO	101
11. CONCLUSIONES	105
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
9. ANEXOS	112

LISTA DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Puntuación de familias de macroinvertebrados acuáticos	20
Tabla 2. Ubicación geográfica y administrativa del area de trabajo	30
Tabla 3. Matriz de tipos de residuos sólidos hallados en el área de estudio.	38
Tabla 4. Rótulo para frascos de conservación de las muestras de macroinvertebrados colectados.	44
Tabla 5. Formato de campo	54
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos	57
Tabla 7. Puntuación dada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos acuáticos para el índice BMWP/Colombia.	59
Tabla 8. Clases de calidad de agua valores BMWP y colores para representaciones cartográficas	60
Tabla 9. Índices ecológicos implementados	62
Tabla 10. Promedio de valores de algunos parámetros fisicoquímicos medidos in situ	64
Tabla 11. nivel corregido de OD en ppm a % de saturación de OD	66
Tabla 12. Análisis del uso de agua para recreación por contacto primario 1.	67
Tabla 13. Análisis del uso de agua para recreación por contacto primario 2.	68
Tabla 14. Taxonomía macroinvertebrados estaciones (E1, E2, Y E3.)	69
Tabla 15. Taxonomía de macroinvertebrados estaciones (E4, E5, Y E6.)	73
Tabla 16. Taxonomía de macroinvertebrados (E7,E8 y E9.)	74
Tabla 17. Resultados del Índice BMWP/COL E1, E2, E3	78
Tabla 18. Resultados del Índice BMWP/COL E4, E5 Y E6	79
Tabla 19. Resultados del Índice BMWP/COL E7, E8, E9	80
Tabla 20. parametros fisicoquimico en diferentes estaciones época sequia	81
Tabla 21. Parámetros fisicoquímicos en diferentes estaciones época de lluvia	82
Tabla 22. Parámetros medidos in situ sequia	83
Tabla 23. Parámetros medidos in situ lluvia	84
Tabla 24. Comparación de coliformes fecales y totales en diferentes épocas	84
Tabla 25. resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E1, E2 Y E3)	86
Tabla 26. Resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E4, E5 Y E6)	87
Tabla 27. Resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E7, E8 Y E9)	89
Tabla 28. Resultados del índice de Pieluo	92
Tabla 29. Cronograma de actividades	99
Tabla30. Presupuesto	101

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las corrientes superficiales de agua son intervenidas por el hombre de diferentes formas debido a las actividades que estos realizan como la agricultura, ganadería, extracción de materiales incluso recreacionales entre otras, todos estos aspectos afectan de alguna forma la calidad del agua ya que como las aguas superficiales específicamente los ríos son un elemento esencial para la vida. Por estas razones se hace necesario realiza estudios que permitan evaluar la calidad y características del estado actual del agua.

La calidad del agua es un término difícil de medir en términos absolutos y es muy subjetivo se han hecho muchos intentos para inferir calificaciones para inferir la calidad del agua, pero simpleza hay persona que se preguntan por si la calidad es buena o mala, pero esto depende de la actividad para que se vaya a utilizar este recurso.

Los ecosistemas presentes en la fuente y a sus cercanías también juegan un papel importante en la calidad del agua ya que si esta no es buena estos ecosistemas se pueden ver alterados de alguna forma afectando debido que hay ciertos organismos sensibles a cambios.

Existen diversos métodos para evaluar la calidad entre ellos los físico-químicos, biológicos y BMWP entre otros, en este proyecto se evaluará la calidad del agua implementando índices fisicoquímicos y biológicos del rio Guatapuri, balneario hurtado de Valledupar y se hace esencial conocer el estado del agua de este rio y en este lugar que es bastante concurrido por personas.

Por otro lado, existen diversas metodologías que utilizan una amplia variedad de bacterias, algas y macroinvertebrados los cuales según su tipo, familia y características nos brindan información sobre el hábitat donde estos se encuentran en este caso el agua. Estos son los más utilizados debido a su sencillez, rapidez, economía, el escaso nivel de conocimientos previos que requieren y la confiabilidad de los resultados hace de estos los correctos para la vigilancia de aguas superficiales y la gestión ambiental.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante los últimos años el balneario Hurtado perteneciente al Rio Guatapurí ha sufrido un gran impacto producto del incremento en el número de turistas y visitantes a este lugar que lo frecuentan provenientes de Valledupar y otras zonas del país, esto adquiere relevancia si se tiene en cuenta que se dará aumento del volumen de residuos sólidos que llegan al rio resultado de todas las actividades antrópicas, por otro lado el tradicional paseo de olla común en este lugar causa la incorporación de cenizas producto de la combustión de la leña utilizada para la cocción de los alimentos, situación que podría elevar el contenido de materia orgánica, los sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos sedimentables.

En este sentido también se observan desvíos para sistemas de riego establecidos en fincas vecinas que puede alterar el cauce de la cuenca, afectando su caudal y posiblemente la biodiversidad del mismo por alteración del ecosistema.

En esta zona no existe un monitoreo constante de las autoridades ambientales para determinar la calidad del agua que debe cumplir con unas características específicas para uso recreacional según lo establecido por el decreto 3930 de 2010 y tampoco existe una cultura de preservación del recurso por parte de las personas que visitan el balneario con fines recreativos por esta razón no se tiene claridad si las actividades que se realizan en la zona de estudio son las correctas en relación con la calidad del agua.

Con este proyecto se pretenden aprovechar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de agua del balneario Hurtado utilizando el método BMWP/COL.

¿Cuál será la calidad del agua del Balneario Hurtado, ¿Rio Guatapurí, determinado

con los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores? ¿Esta calidad de agua será apropiada como uso recreacional según lo expuesto en la norma 3930 del 2010?

2. JUSTIFICACION

La presente investigación se realiza con la intención de conocer e identificar la calidad y de cómo se encuentran los parámetros que tiene el agua del río Guatapurí en el balneario hurtado de Valledupar-Cesar, ya que como se mencionó anteriormente hay presencia de diferentes focos de contaminación en este río, esto ayudara a tener una mejor información sobre las características del agua de esta fuente superficial, además que tipo de actividades se pueden realizar de acuerdo a dicha calidad del agua, lo cual servirá para saber en qué y cuáles son las condiciones del agua del río y balneario y así poder identificar en grado contaminación del río Guatapurí, con esto tendremos una mayor información en cuanto a el agua y su calidad y los diferentes parámetros para que se dé a conocer este estudio y se planteen posibles soluciones o mejoras de acuerdo a los resultados obtenidos con el estudio.

Esto traerá como beneficios como un gran aporte sobre la información del agua del río, terminada la investigación se obtendrán datos e información que se podrán tener en cuenta para posibles proyectos al respecto, será un aporte a la comunidad en cuanto a la concientización y el manejo del recurso hídrico, ya que si los resultados de esta investigación no son positivos las entidades y personas deberán tomar medidas para mejorar la calidad del agua en dicha zona. Por otra parte, este proyecto será un aporte científico brindara un mejor conocimiento de las características que cuenta el agua y de los organismos biológicos presentes allí en el río para futuro estudios. también los beneficiados por este estudio serán todos los habitantes del municipio de Valledupar además de los turistas que visiten la zona de estudio, estos podrán desempeñar las actividades correspondientes a la calidad que nos presenta arrojar los resultados del estudio en el agua y podrán disfrutar con mayor facilidad y tranquilidad los beneficios que les trae este recurso natural.

Lo que se pretende con este proyecto es inventariar los macroinvertebrados dulceacuícolas que se encuentran en el Balneario Hurtado, Rio Guatapurí, de Valledupar, que permitirán diagnosticar la calidad del agua, aplicando el método BMWP-Col el cual arroja el resultado como ha sido establecido científicamente. El interés por diagnosticar la calidad del agua del balneario ha sido motivado, además, por situaciones como las siguientes:

1. El 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 valduparenses 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. (Roldan 2003).
2. Implementar este sistema de biomonitoreo ambiental, con macroinvertebrados acuáticos, proporciona ventajas ya que son generalmente abundantes, fáciles de recolectar son sensibles a las perturbaciones y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del estereoscopio, o cuando menos se prescinde de infraestructura sofisticada. (Rosenberg y Resh, 1996).
3. Que este tramo del rio Guatapurí sirva para uso recreacional ya ocasiona un impacto antrópico debido a que se ha tenido que adecuar el espacio con obras civiles para la comodidad de los bañistas y turistas. Se construyó el parque lineal hace algunos años y para esto hubo que fabricar el sistema de gaviones para contrarrestar la progresiva erosión de la margen derecha del balneario situación que llevó a desviar el rio generado la muerte de muchos organismos acuáticos.

4. Para cocinar los “sancochos”, asados y otros 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 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, 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.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua, determinada a través de macroinvertebrados acuáticos implementando índices biológicos y fisicoquímicos, en el balneario hurtado, rio Guatapurí.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos del Rio Guatapurí - Balneario Hurtado, para determinar la calidad del agua utilizando el método BMWP.
- Determinar la biodiversidad de los macroinvertebrados muestreados a partir del índice de Shannon-Wiener, Margalef y el índice de equidad de Pielou que proporcione un diagnóstico ambiental completo del recurso hídrico en la zona de estudio.
- Proponer una estrategia de formación ambiental en la comunidad del BALNEARIO HURTADO, RIO GUATAPURI, con el fin de evitar la contaminación.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

Haciendo nuestra revisión bibliográfica encontramos muchos elementos acordes a nuestra investigación uno de estos es Estudios de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua , Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos empleados como indicadores de calidad de agua de cursos lóticos vienen incrementándose en estos últimos años en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos (Wetzel y Likens 2000, Acosta 2001, Marques et al., 2001). A diferencia de los rutinarios y costosos análisis fisicoquímicos 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).

Muñoz, 2005 en este estudio los autores demostraron que los macroinvertebrados acuáticos son una herramienta eficaz para valorar las afectaciones causadas por materia orgánica, también se realizó un estudio sobre macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en Cuba, quien fue el primero en realizar este tipo de estudios en este país, se trazó como objetivo determinar las familias bioindicadoras de las aguas de los ríos cubanos y sus valores de tolerancia utilizando el método a la contaminación aplicando el método BMWP-Cu y validándolo con los datos obtenidos en investigaciones realizadas. Los investigadores 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 bioindicadores.

Por otra parte Martínez en el año 2009 Evaluó la calidad del agua del balneario Hurtado, río Guatapurí utilizando el método BMWP-COL y estableciendo correlación con los parámetros fisicoquímicos, concluyendo que el afluente tiene alta diversidad de macroinvertebrados y cuenta con una buena calidad en el agua del río. En Antioquia se realizó un estudio sobre macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de la calidad del agua en el río Alambi, al realizar la evaluación tanto biológica como fisicoquímica se concluye que para el año 2011 la calidad del agua del río Alambi en un contexto general es de buena calidad esto nos ayudo tener en cuenta como preservarla y utilizada como recurso para la conservación de flora y fauna de la zona. En el río Rimac, Lima, Perú. La cual arroja que las aguas presentan niveles fuertemente contaminantes o de la calidad del agua es crítica donde impera la degradación ambiental donde la metodología que utilizaron fue la toma de muestras e implementando los índices bióticos de Pearson y el índice BMWP , paredes en el 2015.

4.2 MARCO TEÓRICO

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 hábitat y, además, por su tamaño, superior a 0.5 mm de 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 acuáticos rompen, transportan y mezclan el suelo del lecho del río al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, turrículos 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 a estos organismos, 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.

4.2.1 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. Molero, R. (s.f).

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 (Gorza 2009). 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.

4.2.2 Indices 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 1. Puntuación de familias de macroinvertebrados acuáticos

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, Simulidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudotheipusidae, Pyralidae.	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohyphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Pschycodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae	7
Ancylidae, Lutrochidae, Noteridae, Aeshnidae Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnychidae, 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

Puntuación dada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos acuáticos para el índice BMWP/Colombia de Roldán, 2003	
Familias	Puntuación
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta	1

Nota: muestra las familias de macroinvertebrados acuáticos y la puntuación asignada para calidad de agua según Roldan (2003)

4.2.3 Índice de diversidad de Shannon

Fue propuesto por (Shannon y Weaver, 1949), basado en la teoría de la información. En un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S . se calcula con la siguiente ecuación.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i)$$

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 taxón 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.

4.2.4 Índice de *equidad* de Pielou

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.

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

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

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 Calidad del agua

Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.² Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

4.3.2 Bioindicador

Es un indicador, consistente en una especie vegetal, hongo o animal; o formado por un grupo de especies (grupo eco-sociológico) o agrupación vegetal cuya presencia (o estado) nos da información sobre ciertas características ecológicas, es decir, (físico-químicas, micro-climáticas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio.

4.3.3 La demanda química de oxígeno (DQO)

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), botellas para el ensayo de determinación de DBO con sensores digitales en el laboratorio de una planta depuradora.

4.3.4 La demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

4.3.5 Oxígeno Disuelto (OD)

El Oxígeno Disuelto es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal.

4.3.6 Temperatura

Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional,

rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

4.3.7 El pH

Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones.

La sigla significa: potencial hidrógeno o potencial de hidrogeniones (pondus hydrogenii o potentia hydrogenii; del latín pondus, n. = peso; potentia, f. = potencia; hydrogenium, n. = hidrógeno). Este término fue acuñado por el bioquímico danés S. P. L. Sørensen (1868-1939), quien lo definió en 1909 como el opuesto del logaritmo en base 10 o el logaritmo negativo, de la actividad de los iones hidrógeno.

4.3.8 Alcalinidad

La capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas.

4.3.9 Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

4.3.10 Conductividad

La conductividad del agua es un valor muy utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella. Es el inverso de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica. Se mide en microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y, si bien no existe una relación constante con la salinidad, para realizar cálculos aproximados se acepta que la salinidad total del agua (expresada en mg/L) corresponde al valor de la conductividad (expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$) multiplicado por un factor de 0,6 – 0,7.

4.3.11 Turbiedad

Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez. En potabilización del agua y tratamiento de aguas residuales, la turbiedad es considerada como un buen parámetro para determinar la calidad del agua, a mayor turbidez menor calidad.

4.3.12 Sólidos suspendidos totales (SST)

Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno.

4.3.13 Sólidos disueltos(sd)

Los sólidos disueltos es una medida de la calidad del agua que se utiliza para determinar la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua. alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños).

4.3.14 Coliformes fecales

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de las 24 \pm 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*.

4.3.15 Coliformes totales

Los coliformes totales son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos, en un periodo de 48 horas.

4.4 MARCO CONTEXTUAL

Nuestra zona de estudio es aguas arriba y aguas abajo del Balneario Hurtado durante época de lluvia y de sequía. En los horarios comprendidos de 7 am a 5 pm ya que los macroinvertebrados presentan mayor actividad durante este horario.

4.4.1 Localización del área de estudio

Figura 1. Localización del área de estudio

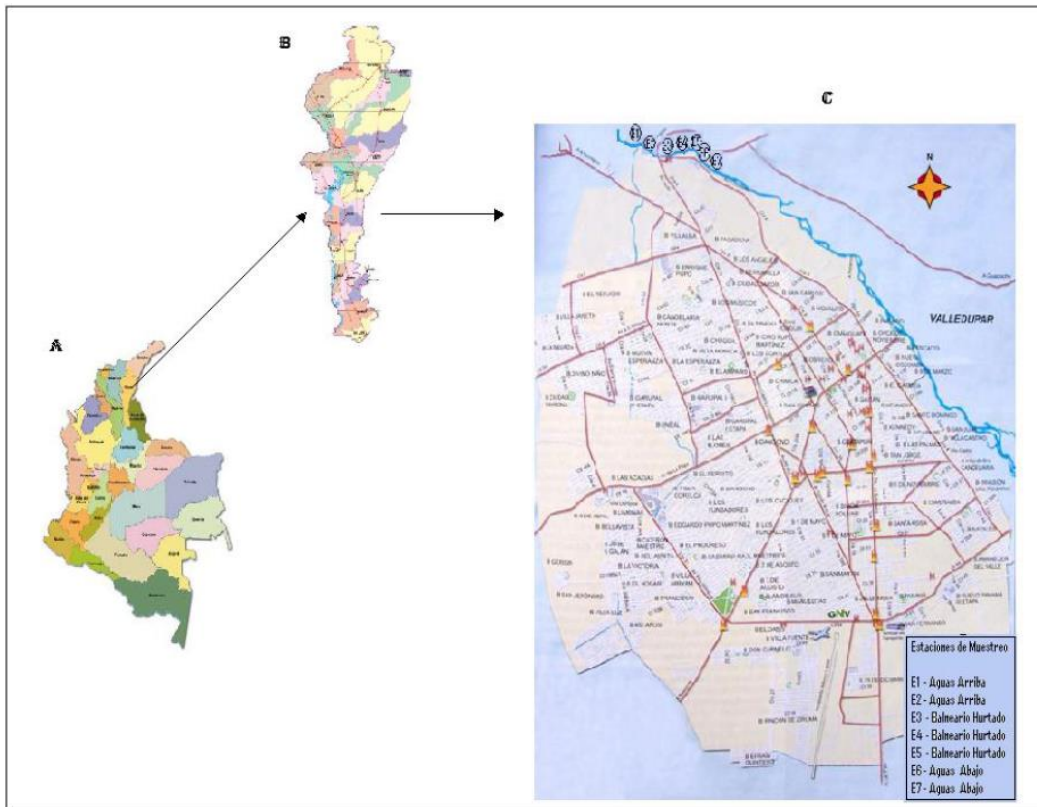


Figura 1: A. República de Colombia, B. Departamento del Cesar. C ciudad Valledupar

Figura 2. Sitios de muestreo



Figura 2: Aguas arriba del Balneario, se denominaran como E1, E2 Y E3; en el Balneario Hurtado se ubicaran cuatro estaciones, E4, E5 y E6 y aguas abajo, en la parte baja del parque ecológico del balneario, se ubicaran tres estaciones de muestreo las cuales se denominaran E7, E8 Y E9.

El río Guatapurí es un río del departamento del Cesar, en la Costa Atlántica de Colombia. Nace en la laguna Curigua, en la Sierra Nevada de Santa Marta, a 4400 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de Valledupar. A lo largo de su curso recibe, entre otros, los ríos Donachui, Curiba, Los Mangos y Mamanqueca. En un descenso de 85 km, su pendiente media es de 20°. ¹ El río Guatapurí en su cuenca media es una corriente de carácter torrencial y corre por un cañón de flancos de fuerte pendiente; se encuentra acorazado por bloques heterométricos de diferente composición pero predominantemente de rocas ígneas. 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. En este mismo sitio se encuentran el Pueblito Vallenato y el parque Lineal. Además, alimenta de agua al acueducto de dicha ciudad.

Tabla 2. Ubicación geográfica y administrativa del area de trabajo

Cuenca hidrográfica	Río Cesar
Nacimiento	Laguna Curigua
Desembocadura	Río Cesar
Longitud	85 km
Superficie de la cuenca	836 km ²
Caudal medio	11 m ³ /s
Altitud	Nacimiento: 4400 m Desembocadura: 124 m
Temperatura	28,4 °C

Nota: Ubicación geográfica y administrativa.Fuente:IDEAM 2016

4.4.2 Generalidades

Valledupar, , es un municipio colombiano, capital del departamento del Cesar. Tiene una extensión de 4493 km², 443 414 habitantes y junto a su área metropolitana reúne 662 9413 habitantes; está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. Está ubicada al nororiente de la Costa Atlántica colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta al Oeste y la serranía del Perijá al Este.

La ciudad es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte del departamento del Cesar y el sur del departamento de La Guajira, en el punto intermedio de las dos cuencas de explotación carbonífera más grandes del país. También es uno de los principales epicentros musicales, culturales y folclóricos de Colombia por ser la cuna del vallenato.

4.4.3 Flora

El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos.

Las especies más representativas de la región, que corresponde a bosque seco tropical, están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

4.4.4 Fauna

La fauna silvestre en la actualidad se encuentra muy afectada, los felinos y mamíferos como el tigrillo y los venados son actualmente una rareza sobresaliendo casi exclusivamente los reptiles representados por las iguanas, lagartijas y algunas serpientes como boas, falsas corales, y mapaná. En cuanto a las aves sobresalen algunas rapaces como la lechuza y los gavilanes y otras como palomas, tierrelitas, pericos y colibríes.

4.4.5 Clima

Valledupar, dada su latitud, se encuentra en la zona de dominios tropicales, posee un clima tropical donde las características generales del clima son elevadas temperaturas y escasa oscilación térmica anual.

En cuanto a las temperaturas, según los datos acumulados desde 1969 por el IDEAM en su estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Alfonso López, la

temperatura media anual es de 28,4 °C, con mínimas y máximas de 22 °C y 34 °C respectivamente. El mes más caluroso es abril con un promedio de 30 °C y el más fresco es Octubre con 26 °C.

4.5 MARCO LEGAL

- Constitución política colombiana de 1991 en sus artículos (8, 79, 80, 95, 226, 267, 268, 277, 313) referentes a la conservación protección y adecuado manejo del ambiente y sus recursos naturales .
- Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Protección y conservación de fauna- Parte IX - Decreto 2811 de 1974.
- Ordenamiento Territorial Municipal y Distrital y Planes de Ordenamiento Territorial - Ley 388 de 1997.
- Define el seguro ecológico y delitos contra los recursos naturales y el ambiente y se modifica el Código Penal - Ley 491 de 1999.
- La preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre- Decreto - Ley 1608 de 1978.
- Las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.-Decreto 3930 de 2010.

5. HIPOTESIS

Las actividades antrópicas desarrolladas en una cuenca o subcuenca provocan cambios en las características físicas, químicas e hidromorfológicas de los ríos, afectando la calidad ambiental de las aguas, la cual se expresa y se refleja en cambios en la composición y distribución en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del sistema fluvial en estudio, además, la evaluación de la calidad biológica de un ecosistema fluvial mediante la implementación de índices biológicos y fisicoquímicos propuesto, será la mejor metodología de evaluación y monitoreo de la calidad del agua del balneario Hurtado, Rio Guatapurí, de Valledupar, Cesar el cual es el lugar objeto de estudio.

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es un estudio de abordaje cuantitativo, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, como lo es el método BMWP/Col.” de Roldán (2003), para establecer la calidad del agua del río Guatapurí del balneario hurtado y realizar hipótesis con ayuda de la información recolectada. Esta investigación se basa en dar respuesta a una incógnita, las cuales son las características y parámetros fisicoquímicos del agua el río Guatapurí, una vez delimitada la zona de estudio donde se va a realizar dichas recolecciones de las muestras, se derivan objetivos y preguntas de investigación, de las cuales se tendrán en cuenta las siguientes preguntas: ¿cuál?, que, ¿dónde?, lo cual ayudara a un mejor entendimiento de la investigación.

La variable que se trabajan en esta investigación es la calidad del agua utilizando las herramientas, métodos como lo son: toma de muestra, la recolección de datos, estadística, evidencia fotográfica se puede llegar a un mejor análisis del problema de investigación, Se establecen hipótesis, se establece una serie de conclusiones respecto de la hipótesis.

Es un tipo de investigación experimental con base científica y metodológica para medir el efecto del factor causal. La presencia o ausencia de algo, la frecuencia con la que curre un fenómeno y que trae como consecuencia la presencia del fenómeno que ha sido objeto de estudio en este tipo de investigación el tiempo es importante. Esta metodología hace posible obtener una gran cantidad de información la cual va a permitir identificar en esta la, todo lo relacionado con el agua del río Guatapurí sus característica, parámetros, si es acta para las actividades que se realizan en el lugar de estudio y así dar una información contundente respecto al problema.

6.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se inscribe bajo la línea de creada por Universidad Popular del Cesar; área de actuación **INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA. GESTION INTEGRAL DEL RECURSO HIRDRICO** la cual se basa en el desarrollo y aplicación de sistemas programas y metodologías para el análisis químico, físico y microbiológicos del agua y la evaluación de la calidad de esta, el agua es un recurso indispensable por esta situación también ocasiona su degradación y escases. De ahí la importancia de promover su conservación y un adecuado manejo incorporando la dimensión de salud pública y ambiental. Esta linease apoya en bioindicadores de la calidad del agua lo cual es una herramienta para conocer la calidad del agua su uso simplifica en gran mediada la actividad del laboratorio ya que su aplicación solo requiere identificación y cuantificación de diversidad ajustada a intervalos que califican la calidad del agua.

6.3 AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizará en el Balneario Hurtado, rio Guatapurí, de la ciudad de Valledupar-Cesar, entre los meses de octubre y noviembre de 2017 correspondiendo a la temporada lluvias y eneros-marzo de 2018 época de sequía en esta región, según el IDEAM 2016; Estos ultimo con el propósito de determinar y contrastar la calidad del agua del balneario Hurtado en estas épocas.

Figura 3. Área de estudio

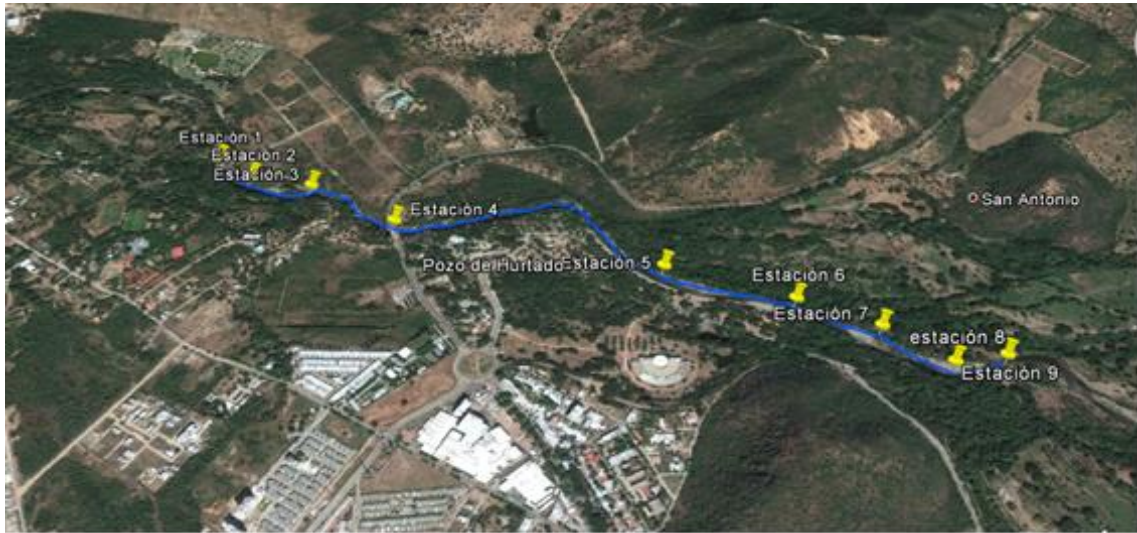


Figura 3. Sitios de muestreo: aguas arriba del Balneario, se denominaran como E1, E2 Y E3; en el Balneario Hurtado se ubicaran tres estaciones, E4, E5 y E6 y aguas abajo, en la parte baja del parque ecológico del balneario, se ubicaran tres estaciones de muestreo las cuales se denominaran E7, E8 Y E9.

En el área de estudios, primeramente, se desarrollaran dos jornadas de observación con el propósito de concluir sobre las fuentes de contaminación del balneario hurtado, para esto se implementara en la tabla N 4. Una vez identificadas estas se establecerán estaciones de muestreo, teniendo en cuenta los criterios que se indicaran más adelante en la **1ª Fase** de la investigación, En cada una de estas se realizara la colecta muestral de macroinvertebrados, agua para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y los datos requeridos para desarrollar el índice de riveras.

Tabla 3. Matriz de tipos de residuos sólidos hallados en el área de estudio.

Tipo de residuo solido	Fuente principal	Frecuencia
Común o domésticos		
Peligroso		
Especial		

Nota Fuente: adaptado por Nicolás Martínez (2009)

El área de estudio comprenderá los siguientes tramos:

- **Aguas arriba:** será un tramo comprendido desde 10°30'13.18" N 73°16'36.13"O hasta 10°30'04.55" N 73°16'17.58"O con un total de 0,65 Km.
- **Balneario Hurtado:** ubicada a los 10°30'08.11" N 73°16'02.76"O hasta 10°29'55.29" N 73°15'40.43"O; comprende toda la zona turística, utilizada para los servicios de balneario y recreación. Con un total de 1,17 Km.
- **Aguas abajo:** comprende desde la terminación del balnearios hasta los 0.47 Km, inicia en el punto 10°29'52.10" N 73°15'33.29"O hasta 10°29'48.13" N 73°15'27.72"O en total, el área de estudio es de 2.29 Km

Las estaciones de muestreo serán las siguientes:

- **Aguas arriba:** se ubicarán las estaciones de muestreo 1, 2 y 3; en adelante se conocerán como E1, E2 y E3. se caracterizará físicamente el lecho del río y la flora acuática presente, además, sus riveras y el estado del bosque ripario.
- **En el Balneario Hurtado** (área comprendida por el parque lineal, 1.17 Km) se ubicarán cuatro estaciones de muestreo **E4, E5 y E6** con un perímetro promedio de 250 metros cada una. igual que en el tramo aguas arriba se realizará la misma caracterización física y florística con especial atención ya que en este punto es donde se genera la mayor actividad turística y problemas de afectación al cauce del río, especialmente los fines de semana, con miles de bañistas y turistas.
- **Aguas abajo** (ubicado posteriormente al parque lineal hasta los 0,47 Km) se ubicarán las estaciones denominadas como **E7, E8 y E9**. Al igual que en las anteriores se realizarán las respectivas caracterizaciones.

La metodología de investigación comprenderá tres fases:

- **1° Fase:** Caracterización de los sitios de muestreo, recolección y análisis de la colecta muestral.
- **2° Fase:** Análisis de muestras en laboratorio.
- **3° Fase:** Análisis de la información biológica y fisicoquímica obtenida.

Desde un punto de vista procedimental se desarrollará lo siguiente en cada fase:

6.3.1 Fase 1°: Caracterización de los sitios de muestreo, recolección y Análisis de la muestra de macroinvertebrados acuáticos y agua para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

6.3.1.1 Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos

Recorrido preliminar: Antes de iniciar el muestreo, se realizará un recorrido visual a lo largo del tramo que se pretende muestrear con el fin de identificar los diferentes hábitats presentes. Para aplicar los métodos de evaluación será muy importante seleccionar un tramo de río que posea todos o la mayor parte de los tipos de hábitats, lo que permitirá recoger la máxima diversidad de organismos.

Selección de los hábitats: Estos hábitats se definen de acuerdo con la profundidad (de somero a profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (pedregoso, fangoso, arenoso) y presencia de vegetación acuática y de rivera. De acuerdo a Roldán (2003) el tamaño del material del sustrato se toma así: piedras: >20mm; grava: 2-20 mm; arena: 0.2-2 mm; cieno o barro: <2mm.

Con el fin de obtener datos comparables, se muestrean por lo menos tres sitios en el cauce: uno antes (aguas arriba) otro en el sitio de la perturbación antrópica (Balneario Hurtado) y otro después de esta (aguas abajo). Con el fin de obtener datos comparables, se deben monitorear siempre las mismas estaciones de muestreo. Por ello se documentara con mucho detalle sus características:

- Ubicación geográfica (coordenadas tomadas con GPS).
- Accesos.
- Dibujos.
- Registro fotográfico y /o videos del tramo.

- También se tomarán detalles de los sustratos, vegetación y condiciones de la ribera.

Los sitios seleccionados señalarán claramente en un plano, cuya escala será preferiblemente de 1:50.000 o mayor.

6.3.1.2 Medición de factores físicos–químicos ambientales

Esta actividad se desarrollará durante el desarrollo de las colectas muestrales, entre estas se medirán.

- **Factores del entorno:** Temperatura (por termometría) y Humedad relativa (por higroscopia) y altura.
- **Factores del curso de agua, tales como:** Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, caudal y conductividad.

6.3.1.3 Colecta, separación e identificación las muestras de macroinvertebrados hasta la categoría taxonómica de familia o género.

Los macroinvertebrados bénticos son animales que habitan en el sustrato de lagos, cursos de agua, estuarios y aguas marinas. Pueden construir cámaras, tubos o redes fijas, viviendo dentro o sobre estas, o vagar libremente sobre las rocas, residuos orgánicos y otros sustratos durante todo o parte de su ciclo vital. IDEAM, 2006. Aunque los macroinvertebrados por definición se consideran visibles a simple vista, y quedan retenidos en un tamiz del número 30 U. S. Standard (abertura de 0.595mm). (APHA, 1995).

Hay una serie de métodos que se pueden utilizar para muestrear Macroinvertebrados en aguas dulces. El más apropiado depende Sobre el propósito

del muestreo, en este caso el muestreo es para evaluar calidad de agua. Los registradores individuales también desarrollan sus propios estilos que se adaptan a organismos específicos. A continuación se detalla el método que se utilizará en los muestreos (método Kick-Sampling) pero hay que decir que este se utiliza para ríos cortos y poco profundos, caso del Balneario Hurtado, el cual permitirá la captura de una amplia gama de Macroinvertebrados de agua dulce. Este método es cualitativo pero están suficientemente estandarizados para permitir comparaciones entre muestras.

6.3.1.4 Método de muestreo de corriente (kick-sampling)

Este es el método de muestreo típico para arroyos y ríos. Consiste en tomar una muestra en tres minutos por hábitat identificado en el río haciendo un barrido y retroceso utilizando una red de mano estándar de porosidad máximo de 1 mm. Es importante moverse por el sitio durante este tiempo para muestrear los diferentes hábitats en el arroyo, tales como corrientes de movimiento rápido, aguas poco profundas, aguas lentas, orillas, hierbas, raíces de árboles, hojarasca y detritos. Esto debería garantizar que todo el conjunto de animales del lugar este representado en la muestra

Una vez que se han identificado los diferentes hábitats, se dividirá el tiempo total de muestreo (tres minutos) proporcionalmente según las áreas de hábitat relativas. Se colocará la red en el lecho del río y se procederá a perturbar (con el pie, generando remoción patroneando el lecho) el área justo arriba de la red para el tiempo asignado a ese tipo de hábitat. Así los macroinvertebrados serán transportados aguas abajo por la corriente hacia el fondo de la red.

Para las plantas herbáceas y las raíces de los árboles del río, se barrerá el área de estas con la red durante el tiempo asignado de tres minutos por punto de muestreo. También se realizará una búsqueda manual adicional en superficies de piedras,

troncos, hojarasca, sedimentos y material detrítico, se extraerán los macroinvertebrados con pinceles y pinzas de disección frotando suavemente las piedras en el agua dejando que los animales sean transportados Aguas abajo en la red.

En una bandeja blanca, dos centímetros llena de agua, se depositaran los macroinvertebrados colectados para identificarlos. Si se recogen muestras grandes o un montón de escombros, se examinará el contenido tomando sub-muestras. Para hacer esto se vaciará el contenido de la red en un balde plástico medio lleno de agua. Se tomará una muestra de ese balde con un tamiz de cocina o similar, luego se vaciará el contenido en su bandeja blanca. Se continuara con esto hasta terminar con todas las submuestras del balde. Los macroinvertebrados se identificarán usando la guía de macroinvertebrados de Roldan y claves taxonómicas como se mostrara más adelante en la página 33 (Identificación biológica de la colecta de macroinvertebrados acuáticos

La estandarización del método consistirá 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 tres minutos.

Los muestreos se llevaran a cabo de 7:00 hasta las 5:00 PM. Se establecieron estas horas teniendo en cuenta que los las especies de macroinvertebrados acuáticos presentan mayor actividad ecológica, por tanto son las mejores. Se realizaran tres muestreos por estación por época de sequía y de lluvias.

Figura 4. Muestreos por estación, época de sequía y de lluvias



Nota: Redes de mano para recolectar macroinvertebrados

Aun cuando este método es “simple”, se tomara especial atención en el muestreo, teniendo en cuenta que las muestras obtenidas sean representativas del área del río en el que se trabajará; 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. Por tal motivo, se justifica la creación de diez estaciones en toda el área de estudio.

Tabla 4. Rótulo para frascos de conservación de las muestras de macroinvertebrados colectados.

Descripción: Macroinvertebrados acuáticos del Balneario Hurtado										
Número de la estación:	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
Fecha: 8 noviembre 2016				Hora: 9:00 Am						
N° de individuos colectados				Familia:						
Colector: Pedro Pérez				Preservación: Etanol-Glicerina 2:1						

Nota Fuente: adaptado por Nicolás Martínez 2009

6.3.1.5 Recomendaciones generales para el muestreo que se tendrán en cuenta

1. No muestrear después de lluvias intensas que pueden arrastrar organismos propios del lugar o encontrarse otros arrastrados por la corriente.
2. No debe muestrearse en la confluencia inmediata de dos ríos sino después.
3. Recolectar plantas flotantes o sumergidas para posterior análisis en laboratorio (Roldán 2003).
4. Independientemente del procedimiento a utilizar, es importante seguir normas preventivas de seguridad con el fin de evitar accidentes al realizar las actividades de muestreo, entre ellas ir siempre acompañado por otra persona, permanecer en el agua a menos de un metro de profundidad, utilizar cuerda de seguridad y chaleco, si es necesario, y estar alerta con señales de crecientes.

6.3.1.6 Control de Calidad para la separación de macroinvertebrados bénticos

Para esta fase se procederá como lo indica la guía macroinvertebrados acuáticos, determinación taxonómica –conteo, IDEAM 2006. Personal de Control de Calidad o un asesor calificado debe examinar el 10% de las muestras separadas en cada lote. (Un lote se define como un estudio especial, estudio base, período entero de indizado o separación individual). El encargado de control de calidad examina los tamices y bandejas usadas en la separación y observa los organismos que se hayan olvidado en la separación. Los organismos encontrados se adicionan a los viales de las muestras. Si el encargado del control de la calidad encuentra menos de 10

organismos en los tamices o bandejas de separación, la muestra pasa; si se encuentran más de 10 organismos, la muestra se rechaza. Si el primer 10% del lote de muestras no pasa, el encargado de control de calidad debe chequear un segundo 10% del lote de muestras.

Para esta fase contaremos con el apoyo de la Docente Bióloga Nicolas Martínez y Alex Troya quienes cuentan con una experticia en la identificación y taxonomía de estos organismos, al igual dentro del equipo de trabajo se encuentran seis estudiantes de pregrado en ingeniería ambiental y sanitaria y licenciatura en Ciencias Naturales y educación ambiental quienes desarrollan sus proyectos de grado con este grupo de investigación “GRESBIOCA” calificado en categoría 2 de Colciencias.

6.3.1.7 Elementos de trabajo de campo

- Formato para captura de datos de campo macroinvertebrados acuáticos.
- Pincel pelo de marta de números 0 y 1.
- Bolsas plásticas de 35 x 50 cm, calibre 2.
- Guantes de caucho extra largos (arriba del codo).
- Lupa.
- Pinzas de disección de punta fina.
- Cinta de enmascarar para marcaje.

- Pantalón pescador con botas de caucho.
- Tabla sujetapapeles.
- Marcador indeleble.
- Tamices de 500 μm de apertura de malla.
- Cubeta cuadrada plástica blanca.
- Bandeja plástica o esmaltada de color blanco (15 cm x 23 cm) para separación.
- Viales de plástico transparente, tapa rosca de 20 ml para depositar los especímenes encontrados muertos.
- Agujas de disección.
- Láminas porta objetos
- Rapidógrafo calibre 0.2 o 0.3
- Formato lavado y separación de muestras de macroinvertebrados bénticos .
- Claves taxonómicas específicas.
- Bibliografía referente al tema

6.3.1.8 Identificación de los macroinvertebrados

Dado el gran volumen de muestra y para economizar tiempo en una labor tan dispendiosa algunos investigadores recomiendan no observar toda la muestra, sino la separación y observación de submuestras de la muestra integrada. Sin embargo, otros científicos desaprueban esta práctica. Debido a que el nivel de conocimiento en Colombia de la flora y fauna acuática de agua dulce es aún escaso e incompleto, se propone utilizar un método intermedio (determinación taxonómica a nivel de familia) basado en el grupo de organismos mejor conocido, como es el de los macroinvertebrados acuáticos y restringido sólo a los ríos y quebradas de montaña, donde se tiene un mejor conocimiento actualmente (Roldán, 1999). El índice BMWP/Col se implementa con taxones de macroinvertebrados clasificados hasta familias, sin embargo los trabajos realizados por Roldan permiten, hoy, identificar las taxas hasta género.

6.3.1.9 Determinación taxonómica de macroinvertebrados

La identificación de las familias de invertebrados acuáticos presentes en la muestra se puede realizar en campo y/o en laboratorio. Esto depende de las condiciones del tramo a estudiar, el tiempo disponible y la habilidad de los operadores.

Para la identificación de estas taxas hasta familia y géneros se pueden utilizar las siguientes guías que presentan imágenes fotográficas y claves taxonómicas como es el caso de la guía número 4.

1° “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia” de Gabriel Roldán (1988).

2° “Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.” de Roldán (2003).

3° “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (Roldán (1987).

4° “Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces” de Needham y Needham (1978).

Además las citadas por Mosquera (2008): Machado (1989), Needham (1986), de Castellanos (1994), Muñoz (1996) y Chacón y Segnini (1996).

La taxonomía puede llevarse a cabo a cualquier nivel, pero debe hacerse consecuentemente entre muestras. En los RBPs (Revisión de protocolos de bioensayos rápidos para su uso en arroyos y ríos), originales de la EPA sugieren 2 niveles de identificación, Familia (RBP II) y género/especie (RBP III) (Plankin et al.) 1989).

El nivel de familia provee un alto grado de precisión entre muestras y taxónomos, requiere menos expertos para realizarlo, y acelera la valoración de los resultados. En Colombia hay varios especialistas taxónomos que facilitan las claves para la identificación a nivel de Familia y algunas a Género, sin embargo se cuenta con textos especializados de Roldan entre otros y la experticia generada en otros trabajos realizados sobre estas temáticas.

Toda la información taxonómica servirá para el cálculo de la calidad del agua en las estaciones de muestreo del balneario, aguas arriba y abajo. Actualmente se calcula la calidad del agua utilizando el índice Biótico desarrollado en la Unión Europea adaptado a Colombia por el especialista Gabriel Roldán, el **BMWP/Col** (Biological Monitoring Working Party) el cual exige un nivel de determinación a familia y

correlacionarlos con otros.

6.3.1.10 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

Animal de forma poco definida e incrustante, superficie con poros	ESPONJAS
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

6.3.1.10 Clave para la determinación de los órdenes de insectos en las fases acuáticas

Sin patas articuladas	DIPTERA
Con patas articuladas:	
Aspecto de escarabajo, con élitros coriáceos (Adultos)	COLEOPTERA
Ojos compuestos, con estuches alares:	
Apéndices caudales:	
Láminas o cúpula anal	ODONATA
Sifón respiratorio o sin apéndices	HETEROPTERA
Cercos pluriarticulados	
una Uña de torso y branquias abdominales	EPHEMEROPTERA
Dos Uñas de torso	PLECOPTERA
Ojos simples, sin estuches alares:	
Mandíbulas más largas que la cabeza	PLANNIPENNES
Mandíbulas más cortas que la cabeza:	
Una prolongación muy larga (Abdomen con branquias)	MEGALOPTERA
Extremo caudal 2 pigópodos con uñas	TRICHOPTERA
sin prolongaciones, con pseudópodos abdominales	LEPIDOPTERA
de otra forma (Larvas)	COLEOPTERA

6.3.1.11 Control de Calidad para la Taxonomía de macroinvertebrados acuáticos colectados

Será basada en lo indicado en la guía macroinvertebrados acuáticos, determinación taxonómica –conteo, IDEAM 2006.

Un segundo "taxónomo" (el revisor) no responsable de la determinación original debe chequear las muestras correspondientes a la determinación plasmada en los formatos de laboratorio destinados para esto.

Un segundo "taxónomo" verifica en la colección de referencia cada taxón identificado debe adicionarse a la etiqueta del vial la palabra "val" y las iniciales de la persona que valida la identificación. Si envía especímenes fuera del laboratorio para la valoración taxonómica regístrelos en el "Cuaderno de validación taxonómica" anote la información de la etiqueta y la fecha de envío de la muestra. Cuando los especímenes sean devueltos, anote en el cuaderno la fecha de recibido y el dictamen con el nombre de la persona que realizó la validación.

La información completa de la muestra se registrará (a través del proceso de determinación) en el cuaderno para conocer el estado de progreso de cada muestra dentro del lote. Actualizar el seguimiento de cada muestra, cuando cada paso se complete. (Por ej. submuestreo y separación, montaje de láminas de Dípteros, Oligoquetos, taxonomía). Mantener una literatura básica de taxonomía esencial para la identificación de los especímenes (y actualícela cuando sea necesario) en campo o el laboratorio. Realizar una lista de los libros con los que cuenta).

6.3.1.12 Registro de los datos

Los datos requeridos para el monitoreo de macroinvertebrados (presencia de

taxones, ubicación, fecha, hora, clases de hábitats, sustrato) se registran en libretas de campo y formato de campo para macroinvertebrados y muestras de agua para análisis fisicoquímicos).

Este formato de campo, como su nombre lo indica, también incluye las lecturas de los parámetros fisicoquímicos a considerar: pH, temperatura del agua, conductividad y oxígeno disuelto, medidos in situ.

6.3.1.13 Cálculos

La riqueza, la composición de especies y las densidades de estas comunidades, son referenciados por la literatura como buenos indicadores de la calidad ambiental de las aguas en especial en lo atinente a contaminación de tipo orgánico. Vale aclarar que en una comunidad dada, no todas las especies o taxa ofrecen igual importancia en tal sentido, pues cada una expone grados de tolerancia particular; así mismo, las especies raras aportan información que debe ser mirada con cautela. Viña *et.al* 1998 presentan las formulaciones y fundamentaciones para el empleo de 4 Índices de Contaminación (ICO), los cuales son complementarios en sentido ecológico, y por tanto, permiten precisar problemas ambientales, y con ello, profundizar en la identificación de taxones con potencial indicador. Se aplicará el Índice biótico **BMWP/Col** que propone Roldán (2003), basado en la clasificación de los macroinvertebrados acuáticos que será sustentado en la **3° FASE**: análisis de la información.

Tabla 5. Formato de campo

ÍNDICE B.M.W.P/Col					
Estación:					
Situación:					
Colectador:					
Fecha:				Hora:	
ARÁCNIDOS		EFEMERÓPTEROS		ODONATOS	
<i>Hidracarina</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Siphonuridae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Lestidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Heptageniidae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Calopterygidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Leptophlebiidae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Gomphidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
COLEÓPTEROS		<i>Potamanthidae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Cordulegasteridae</i>	8 <input type="checkbox"/>
<i>Dryopidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemeridae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Aeshnidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
<i>Elmidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemerellidae</i>	7 <input type="checkbox"/>	<i>Corduliidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
<i>Helophoridae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Prosopistomatidae</i>	7 <input type="checkbox"/>	<i>Libellulidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
<i>Hydrochidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Oligoneuriidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Platycnemididae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Hydraenidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Polymitarcidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Coenagrionidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Clambidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Baetidae</i>	4 <input type="checkbox"/>		
<i>Haliplidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Caenidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	OLIGOQUETOS	
<i>Curculionidae</i>	4 <input type="checkbox"/>			Todos	1 <input type="checkbox"/>
<i>Chrysomelidae</i>	4 <input type="checkbox"/>				
<i>Helodidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	HETERÓPTEROS			
<i>Hydrophilidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Aphelocheiridae</i>	10 <input type="checkbox"/>	PLECÓPTEROS	
<i>Hygrobiidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Veliidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Taeniopterygidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Dytiscidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Mesoveliidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Leuctridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Gyrinidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Hydrometridae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Capniidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Gerridae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Perlodidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
CRUSTÁCEOS		<i>Nepidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Perlidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Astacidae</i>	8 <input type="checkbox"/>	<i>Naucoridae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Chloroperlidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Corophiidae</i>	6 <input type="checkbox"/>	<i>Pleidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Nemouridae</i>	7 <input type="checkbox"/>

ÍNDICE B.M.W.P/Col			
Estación:			
Situación:			
Colectador:			
Fecha:		Hora:	
<i>Atyidae</i>	6	<input type="checkbox"/>	<i>Notonectidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
<i>Gammaridae</i>	6	<input type="checkbox"/>	<i>Corixidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
<i>Asellidae</i>	3	<input type="checkbox"/>	TRICÓPTEROS
<i>Ostracoda</i>	3	<input type="checkbox"/>	<i>Phryganeidae</i> 10 <input type="checkbox"/>
			<i>Molannidae</i> 10 <input type="checkbox"/>
			<i>Beraeidae</i> 10 <input type="checkbox"/>
DÍPTEROS			<i>Glossiphoniidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
<i>Athericidae</i>	10	<input type="checkbox"/>	<i>Hirudidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
<i>Blephariceridae</i>	10	<input type="checkbox"/>	<i>Leptoceridae</i> 10 <input type="checkbox"/>
<i>Tipulidae</i>	5	<input type="checkbox"/>	<i>Goeridae</i> 10 <input type="checkbox"/>
<i>Simuliidae</i>	5	<input type="checkbox"/>	<i>Lepidostomatidae</i> 10 <input type="checkbox"/>
<i>Tabanidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	MEGALÓPTEROS
<i>Stratiomyidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Brachycentridae</i> 10 <input type="checkbox"/>
<i>Empididae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Sialidae</i> 4 <input type="checkbox"/>
<i>Dolichopodidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Sericostomatidae</i> 10 <input type="checkbox"/>
<i>Dixidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Psychomyiidae</i> 8 <input type="checkbox"/>
<i>Ceratopogonidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Philopotamidae</i> 8 <input type="checkbox"/>
<i>Anthomyiidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Neritidae</i> 6 <input type="checkbox"/>
<i>Limoniidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Glossosomatidae</i> 8 <input type="checkbox"/>
<i>Psychodidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Viviparidae</i> 6 <input type="checkbox"/>
<i>Sciomyzidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Ecnomidae</i> 7 <input type="checkbox"/>
<i>Rhagionidae</i>	4	<input type="checkbox"/>	<i>Ancylidae</i> 6 <input type="checkbox"/>
<i>Chironomidae</i>	2	<input type="checkbox"/>	<i>Rhyacophilidae</i> 7 <input type="checkbox"/>
<i>Culicidae</i>	2	<input type="checkbox"/>	<i>Polycentropodidae</i> 7 <input type="checkbox"/>
<i>Thaumaleidae</i>	2	<input type="checkbox"/>	<i>Thiaridae</i> 6 <input type="checkbox"/>
			<i>Limnephilidae</i> 7 <input type="checkbox"/>
			<i>Valvatidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
			<i>Hydroptilidae</i> 6 <input type="checkbox"/>
			<i>Hydropsychidae</i> 5 <input type="checkbox"/>
			<i>Lymnaeidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
			<i>Physidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
			TURBELARIOS
			<i>Planorbidae</i> 3 <input type="checkbox"/>
			<i>Planariidae</i> 5 <input type="checkbox"/>
			<i>Dugesidae</i> 5 <input type="checkbox"/>

ÍNDICE B.M.W.P/Col			
Estación:			
Situación:			
Colectador:			
Fecha:		Hora:	
<i>Ephydriidae</i>	2 <input type="checkbox"/>	<i>Bythinellidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
		<i>Dendrocoelidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
<i>Syrphidae</i>	1 <input type="checkbox"/>	<i>Sphaeriidae</i>	3 <input type="checkbox"/>

Nota identificación de familias y especies de macroinvertebrados. Fuente: Roldan 2003

6.3.1.14 Aseguramiento de la calidad para la toma de muestras de macroinvertebrados

Para esto se Realizará el mismo esfuerzo durante la toma de cada una de las submuestras. Se permanecerá exactamente el mismo tiempo de toma de la muestra en cada uno de los sitios de muestreo para no sesgar la información por sobre muestreo de un determinado sitio.

6.3.2 Fase 2°: Análisis de muestras en laboratorio

Los macroinvertebrados colectados serán 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 evaluarán cada muestra separando inicialmente la materia orgánica y sedimentos de los macroinvertebrados acuáticos, luego serán 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 será conservada, generalmente, en envases de ampolletas con solución etanol-glicerina 2:1 debidamente lavado y rotulado como se indicó anteriormente en la fase número 01 con la finalidad de crear una colección taxonómica que sirva para estudios posteriores.

6.3.2.1 Métodos utilizados para la medición de las variables Físicoquímicas y Microbiológicas estudiadas

Para los análisis físicoquímicos, se recolectará una muestra puntual de agua en un recipiente de vidrio ámbar de 1000mL y se preservará, teniendo en cuenta la respectiva cadena de custodia, esta se tomara en cada estación por cada periodo de muestreo. Estas muestras serán analizadas en los laboratorios de la Universidad popular del cesar.

Tabla 6. Parámetros físicoquímicos

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Técnica analítica
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	SM 2320 B – Volumétrico
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B – Electrométrico
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	SM 2340 C – Volumétrico
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico oxi WTW 315 set portatil
pH	Unidades de pH	SM 4500-H+ B - Electrométrico 1
Fosfatos	mg PO ₄ /L	SM 4500-P E – Fotométrico
Nitritos	mg /L	SM 4500-NO ₂ B - Fotométrico
Nitratos	mg /L	SM 4500-NO ₃ B -

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Técnica analítica
		Fotométrico
Temperatura	°C	Termometría In situ SM 2550 B – Electrométrico
Sólidos totales	mg/L	SM 2540 B – Gravimétrico
Sólidos disueltos	mg/L	SM 2540 C – Gravimétrico
Sólidos suspendidos	mg/L	SM 2540 D – Gravimétrico
Sulfatos	mg SO ₄ /L	SM 4500-SO ₄ E – Turbidimétrico
Turbiedad	NTU	SM 2130 B – Nefelométrico
Tensoactivos mg/L	mg SAAM /L	mg SAAM/L SM 5540 C – Fotométrico
Fenoles	mg/L	SM 5530 B,D – Fotométrico
Coliformes totales	UFC/mL	SM 9222 D - Filtración por membrana
Coliformes fecales	UFC/mL	SM 9222 B - Filtración por membrana
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C – Titulométrico

Nota: Parámetros acreditados por el IDEAM – Resolución 1927 del 29 de Julio de 2014

SM = Estándar Methods for examination and wastewater –AWWA, APHA, WEF, Edición 22, 20.

6.3.3 Fase 3°: Análisis de la información.

Para el análisis de los datos y comprobar la validación del método propuesto sobre calidad de agua, se aplicará el Índice biológico, **BMWP/Col** según la metodología

adaptada 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 utilizará el mismo valor de 10, considerado por Jacobsen (1998), Como se muestra en los siguientes cuadros.






Tabla 7. Puntuación dada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos acuáticos para el índice BMWP/Colombia.

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, Simulidae, 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,	6

Familias	Puntuación
Corydalidae	
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

Nota Fuente: Roldán, 2003

Tabla 8. Clases de calidad de agua valores BMWP y colores para representaciones cartográficas

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 16	Aguas fuertemente contaminadas.	

Nota Fuente: (Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1996)

Para la asociación de taxas de macroinvertebrados, se presenta el número de individuos por familia, sitio y momento de muestreo; se obtendrá, 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).

6.3.3.1 Índice de Margalef (DMg)

$$D_{mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

6.3.3.2 Índice de Shannon-Weaver

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Pi = Ni/N

Dónde:

S = número de especies

Ni: Número de individuos de la especie **i** en la muestra.

N: Número total de individuos en la muestra.

6.3.3.3 Índice de Pielou

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

Donde:

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

H' es el valor del índice de Shannon – Wiener

Tabla 9. Índices ecológicos implementados

Índice ecológico	Símbolo	Formula	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	1.0
Diversidad de Shannon	H'	$H' = -\sum n_i/N \log n_i/N$	$H'_{max} = \ln s$	$H'_{min} = \ln 1 = 0$
Equidad de Pielou (uniformidad relativa de Shannon-	J'	$J' = H'_{muestra} / \ln s$	1,00	→ 0,00

Weaver)				
---------	--	--	--	--

Nota fuente: asociación de macroinvertebrados (composición y riqueza de especies Margalef (1951), distribución de abundancia de sitios de muestreo, diversidad Shannon-Wiener (1948)

Los resultados de parámetros fisicoquímicos determinados en el laboratorio serán manejados estadísticamente con el software estadístico ANOVA y Excel para realizar el manejo de información estadístico.

Se obtendrán valores promedio 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 serán comparados con los resultados obtenidos por el BMWP/Col con la finalidad de validar estos últimos.

6.3.3.3 ¿Qué debe hacer con los datos obtenidos?

- **Revisión los datos obtenidos**

Para garantizar que la información sea correcta, compruebe los datos obtenidos en el monitoreo de la siguiente manera:

1. Examinar detenidamente **las hojas de campo** para comprobar que los datos estén completos, las sumas bien realizadas, los cálculos bien hechos y que los datos estén bien registrados y claros.

2. Se comparan los resultados obtenidos con los de otros sitios de características parecidas (si están disponibles), y también con los resultados de estudios de años anteriores (si los ha realizado o conoce quién los hizo) para encontrar diferencias o

parecidos entre ellos. De esta forma podrá comprobar que los datos del muestreo son verdaderos y reflejan el cambio ocurrido en la calidad del agua.

3. Los resultados del EPT obtenidos se contrastaran con el BMWP/Col para establecer una relación de veracidad de los métodos.

- **Análisis de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**

Se tendrá mucha atención con los valores de los siguientes parámetros fisicoquímicos en las estaciones de muestreo:

Tabla 10. Promedio de valores de algunos parámetros fisicoquímicos medidos in situ

Muestras	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
OD									
pH									
TEMPERATURA (°C)									
%SATURACION OD									

Nota tabla de resultados de parámetros fisicoquímicos medios in situ. Fuente: adaptado por Nicolás Martínez 2009.

Estos parámetros en niveles normales son fundamentales para una gran diversidad de especies acuáticas, en especial para los macroinvertebrados, por tanto se comparan los valores obtenidos con los ecológicamente normales para un cauce de agua de buena calidad.

- **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.

Tabla 11. Conversión del nivel corregido de OD en ppm a % de saturación de OD

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

Presión atmosférica (mmHg)	Altitud Equivalente (pies)	Factor de Corrección
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

Nota: conversiones de oxígeno disuelto. Fuente: tomado del Manual de Campo para el Monitoreo de la Calidad del Agua.

- **Análisis del uso de agua para recreación por contacto primario.**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos serán 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, pretendiendo establecer si la calidad de agua es o no apta para uso recreacional por contacto primario y secundario.

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

Tabla 12. Análisis del uso de agua para recreación por contacto primario 1.

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes fecales mL	NMP	200 microorganismos/100
Coliformes totales mL	NMP	1.000 microorganismos/100
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

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

Parágrafo 2: El nitrógeno y el fósforo 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, serán los siguientes:

Tabla 13. Análisis del uso de agua para recreación por contacto primario 2.

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes totales mL	NMP	5.000 microorganismos/100
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

Parágrafo: Además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los Establecidos en los párrafos 1 y 2 del artículo anterior.

7. RESULTADOS

Tabla 14. Taxonomía macroinvertebrados estaciones (E1, E2, Y E3.)

PHILIIUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	NOMBRE COMUN	N° DE INDIVIDUOS
anthropoda	Crustáceo	Decapoda	pseudothelpusidae	hypolobocera	Cangrejo	2
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Microcylloepus	Escarabajos	21
				Cylloepus		1
				Stenelmis		8
				Heterelmis		3
			Psephenidae	Psephenops		7
			Ptilodactyidae	Anchytarsus		12
			Limnichidae	Eulimnichus		1
			Staphylinidae	Stenus		1
		Díptera	Blepharocieidae	Paltostorna	2	
			Chironomidae	Chironomus	Moscas , zancudos	5
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Atopophlebia		7
				Farrodes		5
				Thraulodes		6
				Ulmeritoides		17
	Leptohiphidae		Haplohiphes	Moscas de agua	3	
			Leptohiphes	Moscas de agua	26	

		Baetidae	Camelobaetidius	Moscas de agua	3
			Baetodes	Moscas de agua	3
	Hemiptera	Gerridae	Aquarius		6
			Limnogonus		11
			Ovatametra		9
			Trepobatoides		4
		Meoveliidae	Mesoveiloidea		1
		Naucoridae	Ambrysus	Chinches	5
			Cryphocricos	Chinches	6
		Veliidae	Huseyella	Chinches	22
			Microvelia	Chinches	7
			Stridulivelia	Chinches	2
	Lepidóptera	Pyralidae	Parargyractis		1
	Neuróptera	Coroxidae	Tenegobia		10
	Odonata	Coenagrionidae	Telebasis		7
	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Moscas stoneflies	11
	Trichoptera	Glossosomatidae	Protoptilia	Cadis	3
			Monotoniella	Cadis	7
		Hydropsychidae	Leptonema	Cadis	12
			Smicridea	Cadis	1
			Macrostenum	Cadis	5
		Hydropitilidae	Hydroptila	Cadis	12
	Ochrotrichia		Cadis	1	

				Oxyethira	Cadis	8
			Leptoceridae	Triplectides	Cadis	4
					Triplectides (casa)	Cadis
			Philopotamidae	Chimarra	Cadis	16
					Dolophilodes	Cadis
			Odontoceridae	Marilia		2
					Marilia (casa)	
mollusca	Gastropoda	Basomamatophora	Ancylidae	Unacancylus		1
			Physidae	Physa	Caracoles	1
			Planorbiidae	Helisoma		1
platyhelminthes	tubercellaria	Tricladida	Planaridae	Dugesia	Planarias	23
Total, individuos						349

Tabla 15. Taxonomía de macroinvertebrados estaciones (E4, E5, Y E6.)

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	NOMBRE COMUN	NUMERO DE INDIVIDUOS
arthropoda	Crustáceo	Decapoda	pseudohelminthidea	hypolobocera	Cangrejo	1
			Palaemonidae	macrobachium	-----	5
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Microcylloepus	Escarabajos	8
				Cylloepus		2
				Stenelmis		7
				Noelmis		1
				Macrelmis		1
			Psephenidae	Psephenops	Escarabajos	6
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	Escarabajos	2
			lutrochidae	Lutrocus	Escarabajos	1
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Atopophlebia		6
				Farrodes		33
				Thraulodes		28
				Ulmeritoides		31
				Tricorythodes		6
				Terpides		1
		Leptohyphidae	leptohyphes	Moscas de agua	19	
	Hemiptera	Gerridae	Trepobates		7	
		Hydrometridae	Hydrometra		1	

			Mesoveliidae	Mesoveiloidea		1
			Nepidae	Ranatra		1
				Ambrysus		1
			Naucoridae	Limnocuris	Chinches	10
				Cryphocricos	Chinches	2
			Veliidae	Huseyella	Chinches	14
		magaloptera	corydalidae	corydalus		3
		Odonata	Lestidae	Lestes		8
			Libellulidae	Brechmorhoga		2
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Moscas stoneflies	3
		Trichoptera	Glossosomatidae	Protoptilia	Cadis	7
			Calamoceratidae	phylloicus		3
			Hydropsychidae	Leptonema	Cadis	3
				Smicridea	Cadis	6
				Macrostenum	Cadis	11
			Hydropitilidae	neotrichia	Cadis	5
			Leptoceridae	atanatolica	Cadis	3
			Odontoceridae	Marilia		7
Mollusca	Gastropoda	Basomamatophora	Anclyidae	Unacancylus		1
			Physidae	Physa	Caracoles	5
			Planorbiidae	Helisoma		1
	bivalvia	veneroida	sphaeriidae	pisidium		1

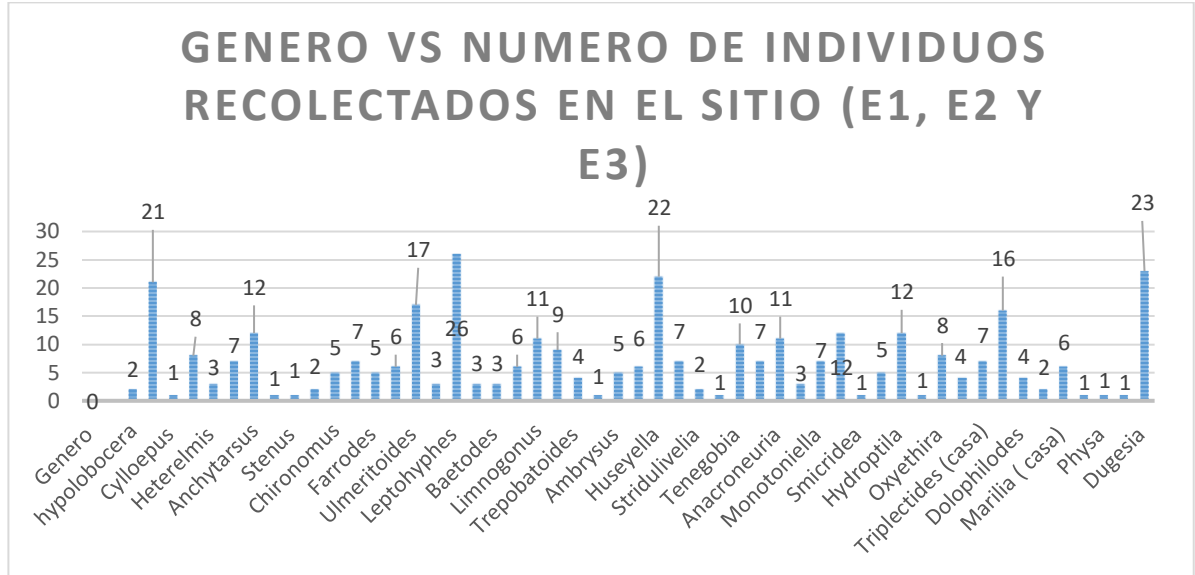
platyhelminthes	tubercularia	Tricladida	Planariidae	Dugesia	Planarias	54
Total, individuos						318

Tabla 16. Taxonomía de macroinvertebrados (E7,E8 y E9.)

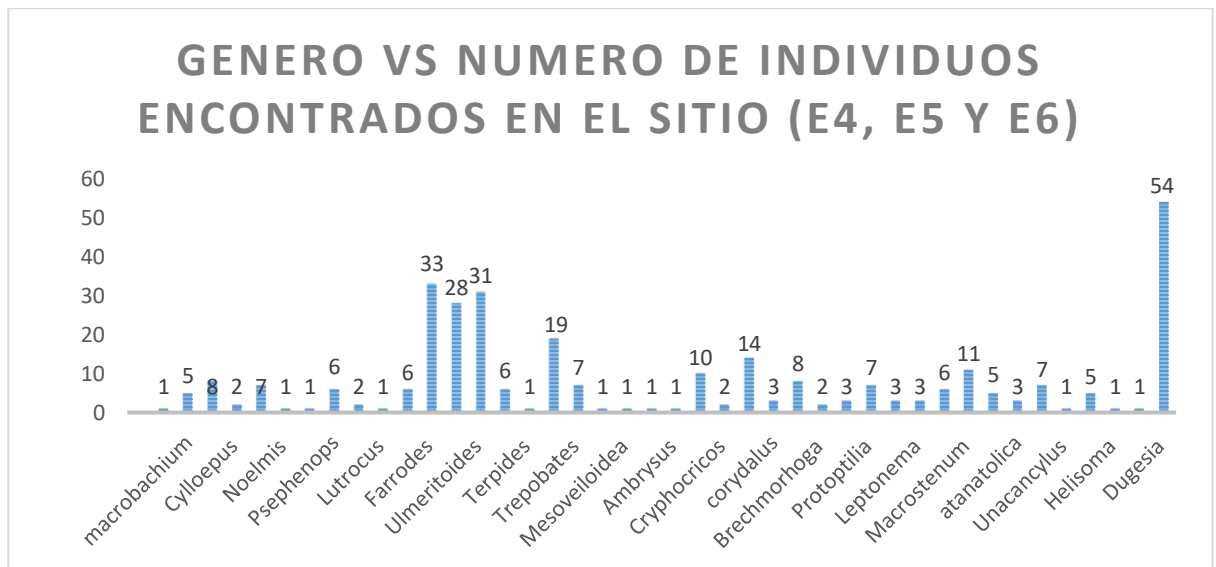
PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	NOMBRE COMUN	NUMERO DE INDIVIDUOS	
arthropoda	Crustáceo	Decapoda	palaemoniidae	macrobachium	-----	8	
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Microcyloopus	Escarabajos	18	
				Disersus		2	
				Narpus	Escarabajos	7	
				Stenelmis	Escarabajos	3	
				Hexacyloopus	Escarabajos	1	
			Psephenidae	Psephenops	Escarabajos	23	
			leptophlebiidae	Farrodes		1	
			Leptohyphidae	Leptohyphes	Moscas de agua	2	
			Hemiptera	Gerridae	Brachymetra		7
					Eurygerris		6
				Meosveliidae	Mesoveiloidea		12
				Naucoridae	Cryphocricos	Chinches	4
				Veliidae	Huseyella	Chinches	16
	Microvelia	Chinches	9				

				Stridulivelia	Chinches	1	
		Odonata	coenagrionidae	Argia		4	
				Telebasis		3	
			Libellulidae	Brechmorhoga		4	
			aeshnidae	caryphaeshna		22	
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Moscas stoneflies	3	
		Trichoptera	Glossosomatidae	Protoptilia	Cadis	3	
				Monotoniella		Cadis	16
			Calamoceratidae	phylloicus		2	
			Hydropsychidae	leptonema	Cadis	2	
				Smicridea		Cadis	7
				Macrostenum		Cadis	31
			Hydropitilidae	Hydroptila		Cadis	1
			Leptoceridae	atanatolica		Cadis	19
				grumichella			1
				Triplectides		Cadis	8
		Odontoceridae	Marilia			16	
	Arachnoidea	Acari	Lymnessidae	lymnessia		1	
platyhelminthes	tubercellaria	Tricladida	Planaridae	Dugesia	Planarias	46	
Total, individuos						309	

Grafica 1. Muestra la relacion que existe entre el genero y el numero de individuos macroinvertebrados en las estaciones E1, E2 Y E3



Grafica 2. Muestra la relacion que existe entre el genero y el numero de individuos macroinvertebrados en las estaciones E4, E5 Y E6



Grafica 3 .Muestra la relacion que existe entre el genero y el numero de individuos macroinvertebrados en las estaciones E7, E8 Y E9

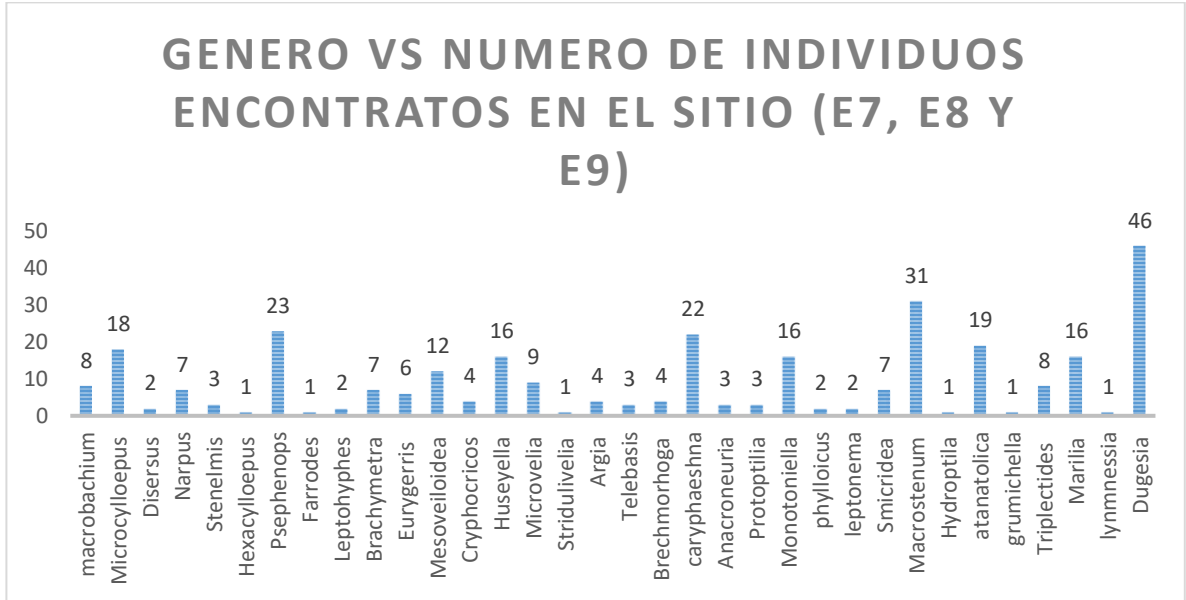


Tabla 17. Resultados del Índice BMWP/COL E1, E2, E3

BMWP/Colombia E1, E2, E3.			
Familias	Puntuación	Número de familias	Puntaje total
Perlidae, Odontoceridae, Blepharoceridae, psephenidae, Ptilodactyidae.	10	5	50
Philopotamidae, Leptophlebiidae.	9	2	18
Veliidae,, Gerridae, Leptoceridae, Pseudotheipusidae,.	8	4	32
Baetidae, Glossossomatidae, Corixidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae	7	8	49
Ancylidae, Elmidae, Limnychidae.	6	3	18
Hydropsychidae, Pyralidae.	5	2	10
Gerridae.	4	1	4
Planorbidae, mesoveliidae.	3	2	6
Physidae.	2	1	2
Total		28	
Total, BMWP/Colombia			189
ASPT	6.75		

La tabla resenta la adaptacion realizada de BMWO/col se encuentra 28 familias el cual equivale a 189 y con un valor ASPT de 6.75 de acuerdo a estos dato obtenido

la calidad de agua es de clase I buena (aguas limpias o ligeramente contaminadas)

Tabla 18. Resultados del Índice BMWP/COL E4, E5 Y E6

BMWP/Colombia(E4, E5 Y E6)			
Familias	Puntuación	Número de familias	Puntaje total
Perlidae, Odontoceridae, Psepheniidae,	10	3	30
Leptophlebiidae,	9	1	9
Veliidae, Philopotamidae, Lestidae, Pseudotheipusidae	8	4	32
Glossossomatidae, Corixidae, Leptohiphidae,, Naucoridae, Planariidae,	7	5	35
Libellulidae,	6	1	6
Hydropsychidae, Pyralidae	5	2	10
Mesovelidae, Gerridae	4	2	8
Physidae, Hydrophilidae,	3	2	6
Total		20	
Total, BMWP/Colombia			136
ASPT	6.8		

Esta tabla presenta la adaptación realizada de BMWO/col se encuentra 20 familias el cual equivale a 136 puntos de valor BMWO/col y con un valor ASPT de 6.8 de acuerdo a este dato obtenido la calidad de agua es de clase I buena (aguas limpias

ligeramente contaminadas)

Tabla 19. Resultados del Índice BMWP/COL E7, E8, E9

BMWP/Colombia (E7, E8 Y E9)			
Familias	Puntuación	Número de familias	Puntaje total
Perlidae, Odontoceridae, Psepheniidae,	10	3	30
Leptophlebiidae, Leptoceridae,	9	2	18
Veliidae, Pseudotheipusidae,	8	2	16
Glossossomatidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae	7	6	42
Aeshnidae Libellulidae, Elmidae,	6	3	18
Hydropsychidae,	5	1	5
Mesovelidae, Gerridae	4	2	8
Total		19	
Total, BMWP/Colombia			137
ASPT	7.21		

Esta tabla presenta la adaptacion realizada de BMWO/col se encuentra 19 familias el cual equivale a 137 puntos de valor BMWO/col y con un valor ASPT de 7.21 de acuerdo a este dato obtenido la calidad de agua es de clase I buena (aguas limpias ligeramente contaminadas)

Tabla 20. Parametros fisicoquimico en las diferentes estaciones época sequia

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Aguas arriba			Balneario Hurtado			Aguas abajo		
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	27,61	27,74	26,93	26,18	26,77	26,84	25,88	25,32	25,11
Conductividad	µS/cm	54	56	56	57	57	58	57	56	57
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	24,84	23,96	24,12	22,06	22,13	22,69	23,33	23,41	23,68
pH	Unidades de pH	7,66	7,63	7,70	7,81	7,89	7,85	7,61	7,58	7,54
Fosfatos	mg PO ₄ /L	0,0072	0,0078	0,0077	0,008	0,0079	0,0081	0,0081	0,0084	0,0088
Nitritos	mg /L	0,04	0,05	0,07	0,06	0,071	0,072	0,061	0,04	0,054
Nitratos	mg /L	0,51	0,52	0,50	0,58	0,56	0,57	0,66	0,65	0,66
Sólidos totales	mg/L	26	27	26	31	30	31	29	28	28
Solidos disueltos	mg/L	13	14	13	18	17	18	16	15	15
Solidos suspendidos	mg/L	54	56	54	55	56	55	61	61	62
Sulfatos	mg SO ₄ /L	2,1	2,0	2,1	2,3	2,3	2,2	2,1	,20	2,0
Turbiedad	NTU	3,46	3,40	3,26	3,06	3,10	3,03	3,90	3,93	3,96
Coliformes totales	UFC/mL	8500	8700	11400	12600	12300	12700	13600	1550	1520
Coliformes fecales	UFC/mL	2300	3100	3000	3200	3600	3300	6300	6950	6850

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Aguas arriba			Balneario Hurtado			Aguas abajo		
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
DBO5	mg O2/L	2	2	2	3	2	3	4	4	4
DQO	mg O2/L	11	14	12	13	11	12	12	12	12

Tabla 21. Parámetros fisicoquímicos en las diferentes estaciones época de lluvia

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Aguas arriba			Balneario Hurtado			Aguas abajo		
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Alcalinidad total	mg CaCO3/l	27,66	27,78	26,96	26,28	26,80	26,84	25,90	25,38	26,13
Conductividad	µS/cm	52	54	55	56	56	54	55	56	56
Dureza total	mg CaCO3/l	25,88	24,67	24,88	23,16	23,33	23,69	25,92	26,41	26,44
pH	Unidades de pH	7,71	7,68	7,76	7,85	7,90	7,88	7,69	7,62	7,59
Fosfatos	mg PO4 /L	0,0088	0,0087	0,0086	0,0090	0,0093	0,0092	0,0097	0,0096	0,0098
Nitritos	mg /L	0,04	0,05	0,07	0,09	0,092	0,091	0,088	0,087	0,088
Nitratos	mg /L	0,62	0,61	0,62	0,64	0,63	0,63	0,66	0,65	0,66
Sólidos totales	mg/L	57	56	55	58	58	54	56	54	54
Sólidos disueltos	mg/L	22	21	24	23	23	24	25	26	26
Sólidos suspendidos	mg/L	31	33	31	39	38	38	37	36	37

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Aguas arriba			Balneario Hurtado			Aguas abajo		
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Sulfatos	mg SO4/L	3,1	3,1	3,3	3,2	3,2	3,1	3,3	3,3,	3,4
Turbiedad	NTU	4,6	4,6	4,7	5,3	5,0	5,2	4,8	4,9	4,8
Coliformes totales	UFC/mL	14200	14600	14100	15600	15900	16400	17900	18400	18700
Coliformes fecales	UFC/mL	3500	3300	3700	8200	8600	12800	5300	4800	4400
DBO5	mg O2/L	5	6	5	9	11	12	6	6	5
DQO	mg O2/L	18	21	18	14	15	13	10	11	12

Tabla 22. Parámetros medidos in situ sequia

MUESTRAS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Promedio
PH	7,66	7,63	7,7	7,81	7,89	7,85	7,61	7,58	7,54	7,70
TEMPERATURA (°C)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
OD (mg/L)	7,9	7,8	7,7	8,1	8,0	8,2	8,1	7,9	8,0	7,97
% SATURACION OD	84,02	83,29	89,33	86,13	86,06	87,14	86,92	85,29	86,02	86,02

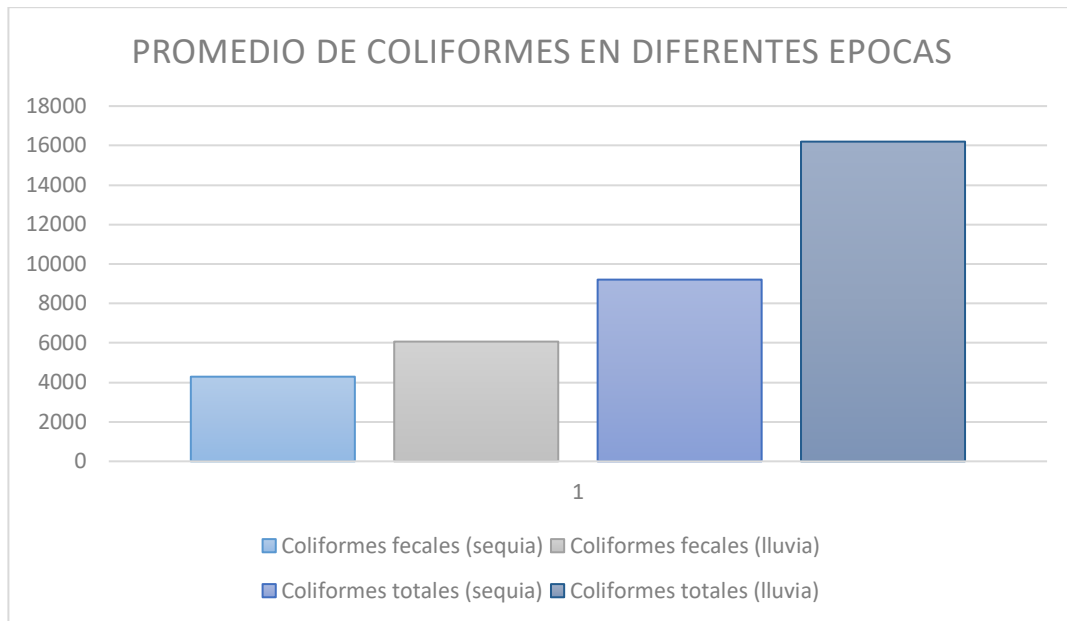
Tabla 23.

MUESTRAS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Promedio
PH	7,71	7,68	7,76	7,85	7,9	7,88	7,69	7,62	7,59	7,74
TEMPERATURA (°C)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
OD (mg/L)	8,1	8,0	8,3	8,5	8,4	8,5	8,2	8,3	8,1	8,27
% SATURACION OD	87,03	86,12	88,09	90,21	89,52	90,33	89,63	90,08	87,21	88,69

Tabla 24. Comparación de coliformes fecales y totales en diferentes épocas

Promedio por épocas estacionales	Concentración UFC/100mL
Coliformes fecales (sequia)	4288,89
Coliformes fecales (lluvia)	6066,67
Coliformes totales (sequia)	9207,78
Coliformes totales (lluvia)	16200,00

Grafica 4. coliformes fecales y totales en diferentes epocas



Índice de Shannon-Weaver

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$P_i = N_i/N$$

Dónde:

S = número de especies

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

N: Número total de individuos en la muestra.

Tabla 25. resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E1, E2 Y E3)

genero	n° de individuo	pi	LN <i>P</i> _i	-∑ <i>P</i> _i *LN <i>P</i> _i
hypolobocera	2	0,006	-5,162	-0,030
Microcyloepus	21	0,060	-2,811	-0,169
Cyloepus	1	0,003	-5,855	-0,017
Stenelmis	8	0,023	-3,776	-0,087
Heterelmis	3	0,009	-4,756	-0,041
Psephenops	7	0,020	-3,909	-0,078
Anchytarsus	12	0,034	-3,370	-0,116
Eulimnichus	1	0,003	-5,855	-0,017
Stenus	1	0,003	-5,855	-0,017
Paltostorna	2	0,006	-5,162	-0,030
Chironomus	5	0,014	-4,246	-0,061
Atopophlebia	7	0,020	-3,909	-0,078
Farrodes	5	0,014	-4,246	-0,061
Thraulodes	6	0,017	-4,063	-0,070
Ulmeritoides	17	0,049	-3,022	-0,147
Haplohyphes	3	0,009	-4,756	-0,041
Leptohyphes	26	0,074	-2,597	-0,193
Camelobaetidius	3	0,009	-4,756	-0,041
Baetodes	3	0,009	-4,756	-0,041
Aquarius	6	0,017	-4,063	-0,070
Limnogonus	11	0,032	-3,457	-0,109
Ovatametra	9	0,026	-3,658	-0,094
Trepobatoidea	4	0,011	-4,469	-0,051
Mesoveiloidea	1	0,003	-5,855	-0,017
Ambrysus	5	0,014	-4,246	-0,061
Cryphocricos	6	0,017	-4,063	-0,070
Huseyella	22	0,063	-2,764	-0,174
Microvelia	7	0,020	-3,909	-0,078
Stridulivelia	2	0,006	-5,162	-0,030
Parargyractis	1	0,003	-5,855	-0,017
Tenegobia	10	0,029	-3,552	-0,102
Telebasis	7	0,020	-3,909	-0,078
Anacroneuria	11	0,032	-3,457	-0,109
Protoptilia	3	0,009	-4,756	-0,041
Monotoniella	7	0,020	-3,909	-0,078
Leptonema	12	0,034	-3,370	-0,116
Smicridea	1	0,003	-5,855	-0,017

Macrostenum	5	0,014	-4,246	-0,061
Hydroptila	12	0,034	-3,370	-0,116
Ochrotrichia	1	0,003	-5,855	-0,017
Oxyethira	8	0,023	-3,776	-0,087
Triplectides	4	0,011	-4,469	-0,051
Triplectides (casa)	7	0,020	-3,909	-0,078
Chimarra	16	0,046	-3,082	-0,141
Dolophilodes	4	0,011	-4,469	-0,051
Marilia	2	0,006	-5,162	-0,030
Marilia (casa)	6	0,017	-4,063	-0,070
Unacancylus	1	0,003	-5,855	-0,017
Physa	1	0,003	-5,855	-0,017
Helisoma	1	0,003	-5,855	-0,017
Dugesia	23	0,066	-2,720	-0,179
				-3,577
total =	349		-1,000	3,577

la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies

Tabla 26. Resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E4, E5 Y E6)

genero	n° de individuo	pi	LNpi	-∑Pi*LNpi
hypolobocera	1	0,003	-5,762	-0,018
macrobachium	5	0,016	-4,153	-0,065
Microcylloepus	8	0,025	-3,683	-0,093
Cylloepus	2	0,006	-5,069	-0,032
Stenelmis	7	0,022	-3,816	-0,084
Noelmis	1	0,003	-5,762	-0,018
Macrelmis	1	0,003	-5,762	-0,018
Psephenops	6	0,019	-3,970	-0,075
Anchytarsus	2	0,006	-5,069	-0,032
Lutrocus	1	0,003	-5,762	-0,018
Atopophlebia	6	0,019	-3,970	-0,075
Farrodes	33	0,104	-2,266	-0,235

Thraulodes	28	0,088	-2,430	-0,214
Ulmeritoides	31	0,097	-2,328	-0,227
Tricorythodes	6	0,019	-3,970	-0,075
Terpides	1	0,003	-5,762	-0,018
leptohyphes	19	0,060	-2,818	-0,168
Trepobates	7	0,022	-3,816	-0,084
Hydrometra	1	0,003	-5,762	-0,018
Mesoveilloidea	1	0,003	-5,762	-0,018
Ranatra	1	0,003	-5,762	-0,018
Ambrysus	1	0,003	-5,762	-0,018
Limnocuris	10	0,031	-3,459	-0,109
Cryphocricos	2	0,006	-5,069	-0,032
Huseyella	14	0,044	-3,123	-0,137
corydalus	3	0,009	-4,663	-0,044
Lestes	8	0,025	-3,683	-0,093
Brechmorhoga	2	0,006	-5,069	-0,032
Anacroneuria	3	0,009	-4,663	-0,044
Protoptilia	7	0,022	-3,816	-0,084
phylloicus	3	0,009	-4,663	-0,044
Leptonema	3	0,009	-4,663	-0,044
Smicridea	6	0,019	-3,970	-0,075
Macrostenum	11	0,035	-3,364	-0,116
neotrichia	5	0,016	-4,153	-0,065
atanatolica	3	0,009	-4,663	-0,044
Marilia	7	0,022	-3,816	-0,084
Unacancylus	1	0,003	-5,762	-0,018
Physa	5	0,016	-4,153	-0,065
Helisoma	1	0,003	-5,762	-0,018
pisidium	1	0,003	-5,762	-0,018
Dugesia	54	0,170	-1,773	-0,301
TOTAL =	318			-3,090
			-1,000	3,090

la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies.

Tabla 27. Resultados del Índice de Shannon-Weaver Estación (E7, E8 Y E9)

genero	n° de individuo	pi	LNPI	-∑Pi*LNPI
macrobachium	8	0,026	-3,654	-0,095
Microcylloepus	18	0,058	-2,843	-0,166
Disersus	2	0,006	-5,040	-0,033
Narpus	7	0,023	-3,787	-0,086
Stenelmis	3	0,010	-4,635	-0,045
Hexacylloepus	1	0,003	-5,733	-0,019
Psephenops	23	0,074	-2,598	-0,193
Farrodes	1	0,003	-5,733	-0,019
Leptohyphes	2	0,006	-5,040	-0,033
Brachymetra	7	0,023	-3,787	-0,086
Eurygerris	6	0,019	-3,942	-0,077
Mesoveiloidea	12	0,039	-3,248	-0,126
Cryphocricos	4	0,013	-4,347	-0,056
Huseyella	16	0,052	-2,961	-0,153
Microvelia	9	0,029	-3,536	-0,103
Stridulivelia	1	0,003	-5,733	-0,019
Argia	4	0,013	-4,347	-0,056
Telebasis	3	0,010	-4,635	-0,045
Brechmorhoga	4	0,013	-4,347	-0,056
caryphaeshna	22	0,071	-2,642	-0,188
Anacroneuria	3	0,010	-4,635	-0,045
Protoptilia	3	0,010	-4,635	-0,045
Monotoniella	16	0,052	-2,961	-0,153
phylloicus	2	0,006	-5,040	-0,033
leptonema	2	0,006	-5,040	-0,033
Smicridea	7	0,023	-3,787	-0,086
Macrostenum	31	0,100	-2,299	-0,231
Hydroptila	1	0,003	-5,733	-0,019
atanatolica	19	0,061	-2,789	-0,171
grumichella	1	0,003	-5,733	-0,019
Triplectides	8	0,026	-3,654	-0,095
Marilia	16	0,052	-2,961	-0,153
lynmnessia	1	0,003	-5,733	-0,019
Dugesia	46	0,149	-1,905	-0,284
				-3,036

TOTAL=	309	-1,000	3,036
---------------	-----	--------	--------------

la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies

Índice de Margalef (DMg)

$$Dmn = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Estación (E1, E2 Y E3)

S = 51

N =349

$$Dmn = \frac{51}{\sqrt{349}}=2.72$$

Estación (E4, E5 Y E6)

S = 42

N =318

$$Dmn = \frac{42}{\sqrt{318}}=2.35$$

Estación (E7, E8 Y E9)

S = 34

N = 309

$$Dmn = \frac{34}{\sqrt{309}} = 1.93$$

La mayor diversidad el cual fue calculada con el índice de Margalef se presentó en las estaciones E1, E2 y E3 (2.72) en las estaciones E4, E5 y E6 presento una diversidad de 2.35 y en las estaciones E7, E8 y E9 presento la menor diversidad (1,39) como podemos observar a menor contaminación mayor diversidad

Índice de Pielou

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

Donde:

H' max = ln(S)

H' es el valor del índice de Shannon – Wiener

Tabla 28. Resultados del índice de Pieluo

ESTACIONES	S	H'	J'
E1, E2 Y E3	51	3,577	0,9097555
E4, E5 Y E6	42	3,09	0,82671833
E7, 8 Y E9	34	3,036	0,8609443

Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la mayoría de las estaciones de muestreo, se presentó un número considerable de familias con una buena representación de individuos por taxa, teniendo en cuenta que las estaciones E4 y E5 las cuales pertenecen a la zona más concurrida por los visitantes obtuvo el menor número de individuos lo cual lo relacionamos con las características del lecho de una corriente es un factor que determina la presencia de macroinvertebrados acuáticos (Prat et 1995).

En general se observó que la mayor abundancia de individuos se presentó durante los periodos más secos, esto se debe a las condiciones hidrológicas las corrientes de las aguas los cuales juegan un papel importante en la presencia de estos macroinvertebrados acuáticos. Según Riaño 1993, cuando el caudal disminuye la densidad de individuos aumentan, debido a la disponibilidad mayor a sustratos y por lo cual trae consigo un aumento en el área para colonizar. Por otro lado, en periodos de lluvias se da un arrastre de sustratos trayendo consigo arenas fangos y piedras no adecuadas para la presencia de macroinvertebrados.

Vale la pena mencionar que la presencia de individuos pertenecientes a la familia Perlidae se encontraron en todas las estaciones de muestreo, esto nos indica que no existe una contaminación severa en el afluente.

En las estaciones E1, E2, y E3 tuvo la mayor abundancia en individuos y representada en familia, lo cual nos indica que es un ambiente poco contaminado esta también presentó la mayor diversidad según los índices de Margalef (1951) y Perkins (1983), con respecto a las demás estaciones debido a que aguas arriba del balneario se presenta baja actividad antrópica.

Por el contrario se presentó en las estaciones E4, E5 y E6 se dieron los resultados más bajos en abundancia de individuos lo cual nos indica zona con efecto de contaminación orgánica resultados similares y obtenidos por Mathias y Moreno (1983), Zuñiga(1997), Zamora (1999) ,Roldan (1999,2003) y Martinez (2009).

7.2 Variables fisicoquímicas

El oxígeno disuelto se encuentra entre los valores normales de los parámetros (7,0 – 8,0mg/L) tomando un valor promedio de 8,1 mg/L y un porcentaje de 87,3% saturación para todas las estaciones de muestreo lo que nos muestra un impacto no tan significativo generado por las diferentes actividades realizadas allí, en cuanto a la variable de temperatura con un valor promedio 22,5 °C para todas las estaciones de muestreo un valor coherente a las características de este afluente. El pH se mantuvo valores normales dentro del un buen rango básico teniendo mínimas variaciones entre las estaciones su valor promedio correspondió a 7,7.

La alcalinidad presenta valores normales promedios de 26,6mg/L de CaCO₃ considerados bajos por ser <100mg/L de CaCO₃ (Roldan 2003). Se presentan mínimas variaciones probablemente debido a la materia orgánica de origen vegetal. La conductividad que obtuvimos de las estaciones de muestreo en promedio fue de 55,7 µs/cm superando por muy poco los rangos normales de las aguas superficiales de este tipo son de (10 -50 µs/cm) Roldan (2003) esto nos indica, que no se está afectando de una forma severa la macrofauna acuática en el ecosistema.

La dureza nos promedió un valor de 24,1 mg/L y los sulfatos 2,4 mg/L presentaron valores normales promedio según lo estipulado en la resolución 2115 del 2007 lo cual indica que estas variables deben estar por debajo de (300mg/L para la dureza y 250mg/L para sulfatos). Esto nos indica que se presentan ciertos vertimientos de algunos tipos de jabones y detergentes hechos por los bañistas.

Los fosfatos, nitratos y nitritos presentan valores promedios de 0,0086 mg PO₄ /L 0,6 mg /L 0,067 mg /L en los diferentes puntos de muestreos que se relacionan con los mismos procesos naturales del ecosistema y un bajo contenido de minerales.

La turbiedad en época de sequía obtuvo un valor aceptable en promedio de 3,4 NTU para todas las estaciones de muestreo, presentando las típicas aguas claras de este afluente, en la época de lluvia este valor aumento a 4,9 NTU algo que es normal ver en este tipo de ríos en las cuales las escorrentías arrastran materia orgánica y sedimentos afectando este parámetro convirtiendo el agua con una tonalidad

diferente y haciendo que pierda su claridad.

En cuanto a los coliformes fecales y totales presentaron valores promedio de (5532 UFC/mL y 5783 UFC/mL) en época de sequía, (16731 UFC/mL y 18221 UFC/mL) en lluvias esto debido a las actividades realizadas en el balneario, también se debe tener en cuenta que se arrojan residuos sólidos biodegradable aumentando así la materia orgánica y a su vez la proliferación de microorganismos que influyen en la calidad del agua.

Los sólidos totales, disueltos y suspendidos mostraron resultados promedios de 42,1 mg/L 19,6 mg/L 46,3 mg/L teniendo en cuenta estos valores de las muestras estos son considerados de bajas concentraciones en las diferentes estaciones de muestreo ya que se consideran aguas pocas contaminadas con este tipo de sólidos los que están en un rango de (80-100 mg/L) según Rodier, J. (1989).

La DBO5 nos arrojó un resultado de promedio de 5,1 mg O₂/L en cuanto a la DQO se obtuvo 13,4 mg O₂/L esto nos da a entender que el oxígeno disponible para la degradación de la materia orgánica es considerado bajo entendiendo así que existe una contaminación baja en lo que se refiere a estos dos parámetros.

8. ESTRATEGIA DE FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA COMUNIDAD DEL BALNEARIO HURTADO, RIO GUATAPURI, CON EL FIN DE EVITAR LA CONTAMINACIÓN.

La educación ambiental surge como la principal estrategia para enfrentar la problemática ambiental, ya que propiciar la construcción permanente de una escala de valores que les permita a los individuos y a los colectivos relacionarse de manera adecuada consigo mismos, con los demás seres humanos y con su entorno natural, en el marco del desarrollo sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida. (SINA, política nacional de educación ambiental, Ministerio de Educación Nacional (MEN), Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Secretarías de educación y Corporaciones Autónomas Regionales (CAR 2002).

Por otra parte, en el río la contaminación afecta las características del afluente, características fisicoquímicas que varían, produciendo cambios en los ecosistemas acuáticos de tal forma acabando con macroinvertebrados que viven en dichas características y así disminuyendo la diversidad de estos, dicha contaminación surge de la falta de sensibilización ambiental de parte de la comunidad y la falta de sentido de pertenencia de este recurso que nos ofrece el río Guatapurí.

8.1 Objetivo

Proponer una estrategia de formación y sensibilización ambiental como instrumento para disminuir la contaminación en el afluente

8.2 Finalidad de esta estrategia

Esta estrategia propone incentivar a la comunidad vecina, autoridades y entidades interesadas que participe a desarrollar este objetivo, que es la disminución de la contaminación por residuos sólidos a través de la formación en educación ambiental, por lo anterior se espera lograr un sentido de pertenencia y una cultura ambiental para un desarrollo sostenible.

8.3 Etapas para la implementación de la estrategia

Planificación de la estrategia

En esta etapa se debe dar a conocer esta estrategia tanto en su organización, y su justificación.

- I. inicio del proceso: En esta etapa se deben de realizar encuestas para conocer la problemática de contaminación de residuos sólidos desde el punto de vista de la comunidad que habita y visita el balneario hurtado.

- II. Concientización: Se implementarán estrategias como son: charlas y

talleres educativas con respecto al tema ambiental además de la creación de carteles y volantes alusivos al cuidado del ambiente con el fin de lograr disminuir la contaminación por residuos sólidos en el área, asimismo sensibilizar a la población turista y trabajadora que llegan al balneario sobre el problema de los residuos sólidos.

III. Finalización: Monitoreo y seguimiento del área donde se desea implementar dicha estrategia para tener una idea de los resultados que se esperan obtener.

Se justificará la necesidad de esta estrategia, dando a conocer todos los resultados obtenidos en el proceso de investigación mostrando la disminución de la diversidad de macroinvertebrados y su desaparición de áreas contaminadas mostrando la diferencia entre los resultados donde no hay contaminación y los resultados donde hay intervención de parte de la comunidad y turistas. A continuación se presenta con detalles estas etapas.

Etapas 1: inicio del proceso

En esta primera etapa se realizara una encuesta a los turista trabajadores y personas aledañas al balneario hurtado rio Guatapurí sobre temas ambientales como la separación de residuos sólidos, cuidados de los recursos naturales y macroinvertebrados acuáticos, que aborden algunas preguntas como son: ¿cómo considera que es la calidad del agua del rio Guatapurí? , ¿Considera que los visitantes afectan el ecosistema acuático del rio? cree que existe contaminación por residuos sólidos en el balneario hurtado? ¿Sabe que son macroinvertebrados y que nos indican? entre otras. Con este tipo de preguntas se podrá notar como perciben la problemática que se vive en el lugar, luego en base a esta encuesta poder realizar las siguientes etapas y poder abordar de una mejor forma los temas y actividades a desarrollar en la estrategia.

Etapa 2 concientización

En esta etapa se realizarán actividades como charla y talleres educativos, elaboración de volantes y carteles que concienticen toda persona que tenga relación con el balneario al buen cuidado y manejo del recurso hídrico, desarrollando campañas de información y educación creando buenas prácticas para la mitigación de la contaminación de residuos sólidos generada en el balneario hurtado.

Actividades académicas

- Se desarrollarán talleres y charlas dirigidos a la comunidad circundante tanto como al área comercial y al grupo turístico que van enfocados a la conservación del cuerpo de agua, buen manejo de los residuos sólidos, cuidado de los ecosistemas acuáticos y biodiversidad de macroinvertebrados que ayuden a la protección de este espacio con el fin de fortalecer el sentido de pertenencia y conciencia ambiental, para así tener un desarrollo sostenible.
- Se ejecutará un plan para la capacitación de los temas principales en las diferentes Instituciones Educativas de nivel superior del municipio, creando líderes ambientales los cuales ayudaran a difundir la información a través de la creación de carteles y volantes alusivos a la conservación del recurso hídrico mitigación y disminución de los posibles contaminantes que afectarían al balneario hurtado.

Actividades de ordenamiento territorial

Se realizarán capacitaciones info-educativas sobre puntos ecológicos en sitios ubicados estratégicamente, que permita la recolección y su respectiva separación de los residuos sólidos para que todo este material, no llegue al cuerpo de agua ya que la mayoría de los residuos terminan en el balneario.

Recursos necesarios para la ejecución de esta estrategia

- Recursos humanos

Al momento de ejecutar esta estrategia, después se debe realizar un estudio técnico en donde se especifica el personal necesario para llevar a cabo este proceso

- Recurso financiero

En el momento que se implemente esta estrategia se realizara el presupuesto que sea necesario para llevar a cabo esta estrategia

Etapas 3: finalización

En esta última etapa se debe llevar un seguimiento y un monitoreo con el fin de conocer los resultados de las etapas anteriores. así mismo estas acciones se llevarán a cabo con ayuda de la comunidad aledaña y autoridades competentes. En este orden de ideas el monitoreo y seguimiento consistirá ejercer control a las personas que estén ocasionando una posible alteración o contaminación al cuerpo de agua, para poder tomar con la comunidad y autoridades competentes las medidas adecuadas en ese tipo de situaciones.

Autorizaciones necesarias para la ejecución de esta estrategia

Para la implementación de la estrategia es necesario tramitar los permisos relacionado en la gestión directa a esta fuente hídrica, debemos acudir a la corporación autónoma regional e informar para que se dé el normal funcionamiento de esta estrategia.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la siguiente tabla muestra las diferentes actividades que se desean realizar en este estudio se escogieron un tipo color para las diferentes actividades enmarcadas en el año y mes que se quieren o ya se realizaron respectivamente.

Tabla 29. Cronograma de actividades

Fecha de actividades	Año	2018 Periodo 2				2019 Periodo			
	Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May
Realización del marco teórico									
Revisión bibliográfica									
Definición del método investigativo									
Asesorías									
Toma de muestras de macroinvertebrados y de agua(época de lluvia)									
Análisis de las muestras biológicas y aplicación de protocolo de análisis fisicoquímico del agua									
Análisis de resultados para muestreo en época de lluvia									
Toma de muestras de macroinvertebrados y de agua(época de sequia)									
Análisis de las muestras									

Fecha de actividades	Año	2018 Periodo 2				2019 Periodo			
	Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May
biológicas y aplicación de protocolo de análisis fisicoquímico del agua									
Análisis de resultados para muestreo en época de sequia									
Discusiones, conclusiones y recomendaciones									
Revisión de anteproyecto									

10. PRESUPUESTO

Tabla30. Presupuesto

Tipo gasto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Elementos de trabajos en campo	Pincel pelo de marta de números 0 y 1.	Costo/por unidad	3	\$1.500	\$4.500
	Guantes de caucho extra largos (arriba del codo).	Costo/por unidad	1	\$20.000	\$20.000
	Lupa	Costo/por unidad	2	\$3.000	\$6.000
	Pinzas de disección de punta fina.	Costo/por unidad	3	\$2.000	\$6.000
	Cinta de enmascarar para marcaje	Costo/por unidad	1	\$1.800	\$1.800
	Botas de caucho.	Costo/por unidad	2	\$60.000	\$120.000
	Tabla sujetapapeles.	Costo/por unidad	2	\$3.000	\$6.000
	Marcador indeleble.	Costo/por unidad	4	\$2.500	\$10.000
	Tamices de 500 µm de apertura de malla.	Costo/por unidad	1	\$5.000	\$5.000

Tipo gasto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	Cubeta cuadrada plástica blanca.	Costo/por unidad	1	\$15.000	\$15.000
	Bandeja plástica o esmaltada de color blanco (15cm x 23cm) para separación.	Costo/por unidad	1	\$20.000	\$20.000
	Viales de plástico transparente, tapa rosca	Costo/por unidad	30	\$600	\$18.000
	Agujas de disección.	Costo/por unidad	3	\$800	\$2.400
	Láminas porta objetos	Costo/por unidad	3	\$600	\$1.800
Elemento de trabajos en accesorias	Impresiones	Costo/por unidad	180	\$200	\$36.000
	Copias	Costo/por unidad	6	\$100	\$600
	Lapiceros	Costo/por unidad	3	\$700	\$2.100
	Agenda	Costo/por unidad	2	\$7.000	\$14.000
	carpetas	Costo/por unidad	3	\$500	\$1.500
Pruebas en laboratorio	ALCALINIDAD	Costo/prueba	10	\$12.621	\$126.210
	CONDUCTIVIDAD	Costo/prueba	10	\$10.300	\$103.000
	DUREZA TOTAL	Costo/prueba	10	\$12.900	\$129.000

Tipo gasto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	OXIGENO DISUELTO	Costo/prueba	10	\$18.000	\$180.000
	PH	Costo/prueba	10	\$7.800	\$78.000
	FOSFATOS	Costo/prueba	10	\$23.600	\$236.000
	NITRITOS	Costo/prueba	10	\$12.621	\$126.210
	NITRATOS	Costo/prueba	10	\$26.881	\$268.810
	SOLIDOS TOTALES	Costo/prueba	10	\$15.700	\$157.000
	SOLIDOS DISUELTOS	Costo/prueba	10	\$9.000	\$90.000
	SOLIDOS SUSPENDIDOS	Costo/prueba	10	\$15.700	\$157.000
	SULFATOS	Costo/prueba	10	\$22.048	\$220.480
	TURBIEDAD	Costo/prueba	10	\$13.000	\$130.000
	TENSOACTIVOS	Costo/prueba	10	\$23.600	\$236.000
	FENOLES	Costo/prueba	10	\$55.000	\$550.000
	COLIFORMES TOTALES	Costo/prueba	10	\$43.000	\$430.000
	COLIFORME FECALES	Costo/prueba	10	\$40.000	\$400.000
	DBO5	Costo/prueba	10	\$63.000	\$630.000
	DQO	Costo/prueba	10	\$65.000	\$650.000
Otros	Transporte	Costo/año	60	\$12.000	\$720.000
	Minutos	Costo/minutos	30	\$200	\$6.000
	Imprevistos	Costo	1	\$100.000	\$100.000
	Software estadístico	Costo	1	\$600.000	\$600.000

Tipo gasto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Recurso Humano	licenciados en ciencias naturales	Costo/año	2	\$10.000.000	\$20.000.000
TOTAL					\$26.614.410

11. CONCLUSIONES

En la mayoría de las estaciones de muestreo, se obtuvo un número significativo de familias lo cual se relaciona con el tipo de sustratos y nutrientes encontrados en las rocas de tamaño medio y grande lo cual favorece a la presencia de taxas.

En general se observó que la mayor abundancia de individuos se presentó durante los periodos más secos, esto se debe a las condiciones hidrológicas las corrientes de las aguas los cuales juegan un papel importante en la presencia de estos macroinvertebrados acuáticos. Según Riaño 1993, cuando el caudal disminuye la densidad de individuos aumentan, debido a la disponibilidad mayor a sustratos y por lo cual trae consigo un aumento en el área para colonizar. Por otro lado, en periodos de lluvias se da un arrastre de sustratos trayendo consigo arenas fangos y piedras no adecuadas para la presencia de macroinvertebrados

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y el grado de intervención que se encuentra el sistema hídrico del río Guatapurí y en especial el balneario hurtado, esta investigación nos revela que existe una diversidad importante de macroinvertebrados acuáticos al identificarse 67 familias en todos los puntos de muestreo lo cual nos da a entender según el índice de Margalef que existe una diversidad media

La comunidad de macroinvertebrados estuvo compuesta de (15) ordenes, (39) familias y (96) géneros

Vale la pena mencionar que la presencia de individuos pertenecientes a la familia perliidae se encontraron en todas las estaciones de muestreo, esto nos indica que no existe una contaminación severa en el afluente.

La implementación del BMWP/COL, define a las aguas arribas del puente del Balneario (E1, E2, E3) por debajo del puente como (E5, E6, E7) y la parte más baja cercanías al parque ecológico (E7, E8, E9) como aguas poco contaminadas. De acuerdo a los valores permisibles para uso recreacional según el decreto 3930 del 2010. Se puede concluir que el balneario hurtado cuenta con aguas apropiadas para dicha actividad.

En las estaciones E1, E2, y E3 tuvo la mayor abundancia en individuos y representada en familia, lo cual nos indica que es un ambiente poco contaminado. Esta también presentó la mayor diversidad según los índices de Margalef (1951) y Perkins (1983), con respecto a las demás estaciones debido a que aguas arriba del balneario se presenta baja actividad antrópica.

Por el contrario se presentó en las estaciones E4, E5 y E6 se dieron los resultados más bajos en abundancia de individuos y de diversidad lo cual nos indica zona con efecto de contaminación orgánica. Resultados similares y obtenidos por Mathias y Moreno (1983), Zuñiga(1997), Zamora (1999) ,Roldan (1999,2003) y Martinez (2009).

Las estaciones E7, E8 y E9 son las más separadas del resto de las estaciones presentaron un número bajo en taxa y una baja abundancia de individuos en comparación a las primeras estaciones su puntuación un poco por encima de las estaciones anteriores a esta(E4,E5 y E6), lo que nos da entender que existe un efecto de contaminación orgánica aun en el afluente en este tramo del río.

Los parámetros fisicoquímicos en su mayoría presentaron valores aceptables y permisibles con los estipulado en la normatividad colombiana dándonos a entender que el balneario Hurtado, río Guatapurí cuenta con unas características aceptables para las actividades que se desarrollan en ese lugar.

Los parámetros fisicoquímicos y el análisis de los macroinvertebrados son coherentes al mostrar una calidad de agua aceptable; los resultados de estas dos metodologías son buenos para indicadores de los sistemas acuáticos y es una herramienta adecuada para la evaluación ambiental de los cuerpos de aguas superficiales.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Tercedor, J., & Sanchez Ortega, A. (1978). Un metodo rapido y simple para evaluar la calidad biologica de las aguas corrientes basado en el Hellawell. *limnetica*, 4: 51-56.
- Alonso , A., & Camargo, A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los Ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 3: 1-12.
- APHA-AWWA- AWWA CF (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos, Madrid.
- Apha Wef, A. (1995). *Estandar methods for the examination of water and wasterwater*. (19 ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Baptista, D., Buss, D., Dorville, L., & Nessimian , J. (2001). Diversity and habitat preference of aquatic insects along longitudinal gradient of the Macaé river basin. Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol*, 61:249-258.
- Bay , E. (1974). Predator-prey relationships among aquatic insects. *Ann. Rev. Entom*, 19: 441-453.
- Bignell, D., Constantino, R., Csuzd, C., Karyanto, A., Konaté, S., Louzada, J., y otros. (2012). Macrofauna. En M. Moreira , E. JeroenHuising , & D. Bignell , *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo* (págs. 91-92). Mexico: Instituto Nacional de Ecología.
- Brown , S., Smith , K., & Batzer , D. (1997). Macroinvertebrate response to wetland restoration in nortliern New York. *Environm. Entom*, 26(5), 26: 1016-1024.
- Burkholder, J., Chara, S., Chara, J., Zuñiga, M., Pedraza, J., & Giraldo, L. (2010). Clasificacion trofica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *univer.scien*, 5.
- Carrasco , C., Portal , E., & Ayala, Y. (2001). Entomofauna acuática del río Huatatas y su relación con la calidad de sus aguas. *XLIII Convención Nacional de Entomología* (pág. 44). Huancayo: Sociedad Entomológica del Perú.
- Carrera , C., & Fierro , K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de*

- la calidad del agua. En Manual de Monitoreo.* Quito, Ecuador: Editorial Eco Ciencia.
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). *Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Castellanos, P. M., & Serrato, C. (n.d.). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de santurbán Bucaramanga, universidad de santander. 2006. 32, 79–86 P.
- Colombia decreto 1594 De 1984 En Cuanto a Usos Del Agua Y Residos Liquidos. De 1984 .
- D. E. L. a, & Juan, S. a N. Manual De Campo Del Bentos, Ciudad de Comodoro Argentina(2002). 1–191 P.
- Darrigran, G., Vilchez, a., Legarralde, T., & Damborena, C. Guía para el estudio de macroinvertebrados I . - Métodos de colecta y técnicas de fijación La plata buenos Aires Argentina . (2007). 1–86 P.
- Escobar, A. (1985). Estudio de las comunidades macrobenticas en rio manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. 45-60.
- FERRERO, J.M., Depuración Biológica del agua. Madrid, España. 1974. 115 P.
- Galdean , N., Callista , M., & Barbosa, F. (2001). Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal ecosystems of Serra do Cipo (MG, Brazil). *Braz. J. Biol*, 61: 239-248.
- Gonzalo, C. (2013). Meteorología popular: la predicción del tiempo con “barómetros vivientes”. Sanguijuelas, ranas y misgurnos, predictores caseros del tiempo en los siglos XVIII –XIX. *RAM, Revista del aficionado a la Meteorología. Colombia*, 15.
- Hurn, A., & Wallace , J. (2000). Life history and producción of stream insects. *Ann. Rev. Entom*, 45: 83-110.
- Indicadores hidromorfologicos . Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. (2013). *Indicadores hidromorfologicos.* España: Confederación hidrográfica del ebro.
- Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat*, 44: 223-270.

- Ladrera - Fernández, R. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de Información Ambiental, .
(http://www.museo.fcnym.unlp.edu.ar/uploads/docs/divulgacion_4.pdf)
- Leslie , H., Pavluk , T., bij de Vaate , A., & Kraak , M. (1999). Triad assessment of the impact of chromium contaminación on benthic macroinvertebrates in che Chusovaya river (Urals, Russia). *Arch. environm. contam. Toxicol*, 37: 182-189.
- Lisbeth C. Madera, Luis C. Angulo, Luis C. Díaz, Roberto Rojano. 2015. Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. Tesis de pregrado. Universidad Popular del Cesar. Valledupar. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v27n4/art11.pdf>
- Machado, T., & Rincón, J. (1989). Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. *Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología*, 228 .
- Martínez, N. (2010). Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado, río Guatapuri, Valledupar-Cesar. Tesis de Posgrado. Universidad Industrial De Santander. Bucaramanga. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7074/2/133290.pdf>
- Meza-S., A. M., Rubio-M., J., G-Dias, L., & M-Walteros, J. Calidad de Agua y Composición de Macroinvertebrados Acuáticos en la Subcuenca Alta del Río Chinchiná. *Caldasía, Amazonas*, Preu 2012. 443–456 P.
- Muñoz, D. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: Para una población menor de 200 habitantes. *Bioteología en el Sector Agropecuario y agroindustrial. Colombia*, 3(1): 87-98.
- Needham, J. G., & Needham, P. (1982). Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces. *Reverté*.
- Nubia, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. J. . Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. Medellín. Universidad Nacional (2009). 44–60 P.

- Ogbeibu , A., & Oribhabor , B. (2002). Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. *Water Res*, 36: 2427- 2436.
- Oyanedel , A., Valdovinos, C., Moya, C., Azocar, M., Mancilla , G., & Figueroa , R. (2008). Patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del río Aisén. *Gayana*, 72: 241-257.
- Paredes, C. (2005). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima, Perú. *Lab. de ecofisiología, Fac. de ciencias naturales y matemática, Universidad Nacional Federico Villareal*.
- Ramírez, A., & Viña, G. (1998). Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis, BP Exploration . *Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá*.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1 (3):135 – 153.
- Rodier, J. (1989) Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona.
- Rogers , C., Brabander, D., Barbour , M., & Hemond , H. (2002). Use of physical, chemical, and biological Índices to assess impacces of contaminants and physical habitat alteración in urban streams. *Environm. Toxicol. Chem*, 21: 1156-1167.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN - Colombia*. Bogotá, Colombia: Editorial Presencia Ltda.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Pama Editores Ltda.
- Roldán, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. *Universidad de Antioquia. Colombia*.
- ROLDÁN, G. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas, y naturales, Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. 1999.- 375-387 P.
- Rosemberg , D., & Resh , V. (1992). *Freshwater Biomonitoring and Benthic*

- Macroinvertebrate* (Vol. 420). California: Springer.
- Rosemberg, D., & Resh, V. (1996). Use of aquatic insects in biomonitoring. En R. Merritt , & K. Cummins (eds.) , *An Introduction to the aquatic insects of North America* (3 ed., págs. 87-97). Kendall/Hunt, Dubuque, I.A.
- Royer , T., Robinson , C., & Minshall , G. (2001). Development of macroinvertebrate-based index for bioassessment of Idaho rivers. *Environ. Manag*, 27: 627-636.
- Toro , J., Schuster, J., Kurosawa , J., Araya , E., & Contreras , M. (2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores del río Maipú (Santiago: Chile). *XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica* (pág. 11). Santiago: Chile: Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.
- Valle, U., Terneus, E., & Hernández, K. Evaluación ecológica del río Iliquino a través de macroinvertebrados acuáticos Pastaza, Ecuador. Universidad del Valle (2012). 31–45 P.
- Villani , M., Allee, L., Díaz, A., & Robbins, P. (1999). Adaptive strategies of edaphic arthropods. *Annu Rev Entomol*(44), 233-256.
- Wolters , V. (2000). Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biology and Fertility of Soils*, 31(1), 1-19.

13. Anexos

Evidencia recolección de macroinvertebrados en la zona de estudio





Evidencia identificación de macroinvertebrados en el laboratorio

