



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA DE
LA QUEBRADA LA "TORURA" MUNICIPIO DE ENTRERRÍOS - ANTIOQUIA**

MAYA ORTEGA FABIÁN ANDRÉS

DIRECTORA

MARÍA VICTORIA PARRA MARÍN

**TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA- INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
MEDELLIN
2016**

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia que estuvo conmigo en todo momento, por su acompañamiento, sus consejos y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios y a mi familia por estar siempre a mi lado en cada paso de formación de mi vida, a mis padres y familiares: LILLIANA ORTEGA R, IVAN MAYA T. NELLY RESTREPO A., LUIS MAYA T. por el apoyo moral y económico durante todo mi proceso académico y los altibajos presentados en mi formación personal y profesional.

Al Ingeniero Ambiental y docente de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia JORGE ENRIQUE LOPEZ ARANGO, por su infinito conocimiento en los temas desarrollados y apoyo incondicional, le estaré eternamente agradecido.

A mi asesora de trabajo de grado MARÍA VICTORIA PARRA, Bióloga, por su gestión en el préstamo de equipos, disposición, acompañamiento y motivación durante el tiempo de investigación.

Al laboratorio de Biología de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia de la mano de Celina y Julián, por su infinita colaboración al momento de identificar las muestras Biológicas.

A mis amigas incondicionales, DANIELA MONTES L., LUISA OVIEDO G., TATIANA ARENAS A., por su ayuda desinteresada al momento de procesar la información, les estaré agradecido de por vida.

A mis amig@s y compañeros de estudio, CATALINA CALLE V., VANESSA ESCUDERO, SARA URIBE, SANTIAGO CARVAJAL, LUISA JARAMILLO, CAROLINA GIRALDO, KATHERINE VALENCIA, NATALY ALVAREZ. , ALEX ARANGO, por su apoyo moral y todos los momentos vividos durante este proceso académico, siempre los tendré presentes.

A EDISON SALDARRIAGA A., por su acompañamiento, receptividad, colaboración, paciencia durante el proceso de monitoreo

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
PALABRAS CLAVES	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVOS	15
4.1 Objetivo general	15
4.2 Objetivos específicos	15
5 MARCO REFERENCIAL	16
6 DESARROLLO METODOLÓGICO	24
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
8 CONCLUSIONES	75
9 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	77
REFERENCIAS	79
ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición de caudal método de flotador	22
Figura 2. Medición de caudal método del molinete hidrométrico	23

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Casco urbano Entrerrios atravesado por la TORURA	25
Imagen 2. Fotografía Aérea Parte Alta	27
Imagen 3. Parte alta	28
Imagen 4. Fotografía aérea Parte Media	29
Imagen 5. Parte Media	30
Imagen 6. Fotografía aérea Parte Baja	31
Imagen 7. Parte Baja	32
Imagen 8. Selección de tramo para aforo	39
Imagen 9. Medida de la profundidad de la fuente	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. División de cuencas municipio de Entrerrios	26
Tabla 2. Parámetros geomorfológicos de la quebrada la Torura	26
Tabla 3. Puntaje asignado para familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/COL	34
Tabla 4. Clases de calidad, significado de los valores del BMWP/COL y colores a utilizar para las representaciones cartográficas	35
Tabla 5. Calidad, rango de los valores del índice EPT L y colores a utilizar para las representaciones cartográficas	36
Tabla 6. Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"	38
Tabla 7. Clasificación del índice de calidad del agua ICA	39

Tabla 8. Equipos Utilizados en campo	39
Tabla 9. Parámetros de campo recolectados	43
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos ICA parte Baja quebrada la Torura	45
Tabla 11. Macroinvertebrados recolectados en la parte alta monitoreo 1	46
Tabla 12. Macroinvertebrados recolectados en la parte media monitoreo 1	51
Tabla 13. Macroinvertebrados recolectados en la parte baja monitoreo 1	55
Tabla 14. Macroinvertebrados recolectados en la parte alta monitoreo 2	55
Tabla 15. Macroinvertebrados recolectados en la parte media monitoreo 2	57
Tabla 16. Macroinvertebrados recolectados en la parte baja monitoreo 2	57
Tabla 17. Relación de macroinvertebrados identificados en la parte alta media y baja en el monitoreo número 1	58
Tabla 18. Relación de macroinvertebrados identificados en la parte alta media y baja en el monitoreo número 2	59
Tabla 19. Índice BMWP/COL parte alta monitoreo 1	60
Tabla 20. Índice EPT parte alta monitoreo 1	60
Tabla 21. Índice BMWP/COL parte media monitoreo 1	61
Tabla 22. Índice EPT parte media monitoreo 1	62
Tabla 23. Índice BMWP/COL parte baja monitoreo 1	63
Tabla 24. Índice EPT parte baja monitoreo 1	63
Tabla 25. Índice BMWP/COL parte alta monitoreo 2	64
Tabla 26. Índice EPT parte alta monitoreo 2	65
Tabla 27. Índice BMWP/COL parte media monitoreo 2	66
Tabla 28. Índice EPT parte media monitoreo 2	66

Tabla 29. Índice BMWP/COL parte baja monitoreo 2 _____ 68

Tabla 30. Índice EPT parte baja monitoreo 2 _____ 68

Tabla 31. Relación entre los índices Biológicos de calidad del Agua BMWP/COL, ETP. Durante el monitoreo 1 y 2 _____ 69

Tabla 32. Resultados promedio puntos de monitoreo índice BMWP/COL _____ 69

Tabla 33. Resultados promedio puntos de monitoreo índice EPT _____ 69

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfico 1. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Alta _____ 40

Gráfico 2. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Media _____ 41

Gráfico 3. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Baja _____ 42

Gráfico 4. Variación de caudal en la parte alta, media y baja quebrada la Torura ____ 43

Gráfico 5. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte alta monitoreo 1_ 47

Gráfico 6. Porcentaje de órdenes recolectados en la parte alta monitoreo 1 _____ 47

Gráfico 7. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte media monitoreo 1_ 49

Gráfico 8. Porcentaje de órdenes recolectados en la parte media monitoreo 1 _____ 49

Gráfico 9. . Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte baja monitoreo 1_ 54

Gráfico 10. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte baja monitoreo 1_ 51

Gráfico 11. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte alta monitoreo 2_ 52

Gráfico 12. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte alta monitoreo 2	54
Gráfico 13. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte media monitoreo 2	60
Gráfico 14. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte media monitoreo 2	61
Gráfico 15. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte baja monitoreo 2	62
Gráfico 16. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte baja monitoreo 2	63

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización Municipio de Entrerriós	23
Mapa 2. Drenaje principal quebrada La Torura	24

RESUMEN

La quebrada La Torura se encuentra ubicada en el municipio de Entrerriós, en la subregión norte del departamento de Antioquia. Se encuentra a 60 kilómetros de la ciudad de Medellín, La Torura pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Grande que vierte sus aguas al Río Porce y éste a su vez, al Río Cauca. Esta quebrada recibe las descargas de los hatos lecheros y agrícolas ubicadas sobre sus márgenes, además de las descargas domésticas e industriales provenientes del casco urbano, dichas descargas generan un impacto ambiental negativo debido a las intervenciones antrópicas, tales como: pecuarias, agrícolas, domésticas e industriales que se generan en el lecho de la quebrada La Torura. Frente a esta problemática de gran impacto se hace necesario realizar un estudio para estimar la calidad del agua de la quebrada la Torura, eje principal del municipio de Entrerriós y que surte de agua un importante sector rural por medio de un acueducto veredal, para la realización de este proyecto se utilizó como método de trabajo la colecta de macroinvertebrados por medio de la red de pantalla, red surber, remoción del fondo y recolección de material vegetal de la quebrada, así como la observación directa o inspección, la implementación de los Índices (BMWP/COL) y (EPT), el análisis de los índices de calidad del agua (ICA), utilizando los macroinvertebrados como indicadores de Calidad de agua a modo de comparación. El cálculo de los índices BMWP y ETP se realizó mediante información directa proporcionada por información de los individuos recolectados en tres estaciones ubicadas en la parte alta, media y baja de la Quebrada La Torura a través de 2 jornadas de monitoreo.

Al arrojar los resultados de los índices biológicos el índice BMWP, la quebrada la Torura del Municipio de Entrerriós - Antioquia entregó los siguientes resultados para la calidad del agua para cada punto de monitoreo; parte Alta 83 **Aceptable**, parte Media 32 **Critica**, parte Baja 22,5 **Critica**, arrojando como resultado un estado ecológico de la parte alta, media y baja de la quebrada la Torura del Municipio de Entrerriós - Antioquia. Por otra parte, el índice biológico EPT arrojó los siguientes resultados para la quebrada la Torura del Municipio de Entrerriós – Antioquia; parte Alta 17,8% **Mala**, parte Media 38,25% **Regular**, parte Baja 21,25% **Mala**.

Tomando en cuenta los parámetros tomados en campo el nivel más alto de oxígeno disuelto se presentó en el agua en la parte alta de **8,0 mg/l**, con un porcentaje de saturación de **103%** y en el valor más bajo se presentó en la parte baja **6,29 mg/l** con un porcentaje de saturación del **89 %**.

El valor de pH más elevado se encontró en la parte alta con un valor de **7,71** unidades de pH, y el valor más bajo se encontró la parte baja con un valor final de 7,08 unidades pH.

Los cambios en la temperatura del agua variaron entre 13,7 °C como el valor más bajo capturado en la parte Alta, y 19,2 °C como el valor más alto capturado en la parte baja, relacionando así la altitud con la temperatura.

Con toda esta información recopilada se ha podido llegar a determinar la calidad del agua en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura del Municipio de Entrerriós - Antioquia.

PALABRAS CLAVES: Biomonitoreo, Macroinvertebrados, ICA, Índice BMWP, Índice EPT, Calidad del Agua, Parámetros Físicoquímicos.

1. INTRODUCCIÓN

De la totalidad del agua de todo el planeta tierra, tan sólo el 1% es útil para los seres vivos, ese pequeño porcentaje es un bien vital para la supervivencia de todos los organismos, por lo tanto debe considerarse como un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para un futuro sostenible. En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos continentales son los que más han sufrido los impactos causados por la actividad humana. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez más grande, tienen como destino final los ríos, y en último término, el mar. Por estos motivos la fauna de estas zonas ha desaparecido o se ha visto sustancialmente reducida. (Roldán, 1988).

Los primeros intentos de evaluación de las alteraciones antrópicas en fuentes hídricas se basaron en una valoración fisicoquímica de la calidad del agua, estableciendo umbrales de concentración para algunas sustancias consideradas tóxicas o indicadoras de calidad. No obstante, estos análisis proporcionan una valoración instantánea de la calidad del agua, mientras que los efectos de un vertido sobre la comunidad biótica pueden persistir mucho después de que los valores de los parámetros físico-químicos hayan vuelto a la normalidad. Para obtener una visión más amplia de la calidad de un río habría que realizar un seguimiento físico-químico continuado en el tiempo, lo que implica un elevado coste ya que requiere instrumentación específica. Una solución más económica e integral consiste en estudiar una comunidad biológica, ya que su estructura funcional integra el efecto de muchos factores ambientales y, además, necesita un tiempo más o menos prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación. De tal forma que una alteración de la estructura de la comunidad con respecto a las condiciones naturales puede ser indicativa de una perturbación sufrida tiempo atrás o que aún está afectando a la comunidad: a este procedimiento se le denomina biovaloración. En otras palabras, un análisis físico-químico puntual equivaldría a una 'fotografía' del río en un momento dado, mientras que el análisis de

una comunidad biológica sería un retrato de lo que le ha sucedido durante un tiempo determinado hasta la fecha. De hecho, determinados procesos de contaminación esporádica se detectan mejor por medio de un seguimiento biológico que físico-químico (Rueda *et al.*, 2002).

A través de esta investigación se busca obtener información básica que permita entender la distribución y principales características de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, y principalmente, realizar un acercamiento al conocimiento de la calidad del agua de quebrada la Torura del Municipio de Entrerrios - Antioquia, mediante el uso de microorganismos como Bioindicadores de la calidad del agua.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El detrimento de las fuentes hídricas se debe principalmente a los vertimientos de poblaciones urbanas, actividades agropecuarias e industriales sin tratamientos de depuración adecuados. Este tipo de contaminación es muy frecuente en los ecosistemas fluviales produciendo graves consecuencias en los mismos, el incremento de materia orgánica en el agua produce una proliferación de los microorganismos encargados de su descomposición, lo que conlleva a cambios en la composición biótica de los ecosistemas y alterando considerablemente la calidad del agua, situación preocupante dado el bajo porcentaje que hay a nivel mundial de agua potable.

Existen reportes acerca de las características fisicoquímicas de la quebrada La Torura, una de las principales fuentes de agua del municipio de Entrerriós, Antioquia, pero poco se conoce acerca de la microfauna existente a lo largo de la quebrada y que claramente podremos correlacionar con las características de las diferentes zonas que recorre.

Es fundamental conocer la calidad del agua que están utilizando los habitantes del municipio y sus alrededores, para evitar problemas de salud a corto o mediano plazo, mediante parámetros fisicoquímicos y biológicos.

¿Qué relación tiene la densidad de poblaciones y familias de macro invertebrados y la calidad del agua en la Quebrada la torura del municipio de Entrerrios?

¿En qué estado ecológico se encuentra la parte alta, media y baja de la quebrada la torura?

3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación es la consecuencia de realizar descargas de componentes que alteran las condiciones naturales de los cuerpos de agua, viéndose así perturbando sus características físicas y químicas como lo son su color, turbidez, pH, conductividad entre otros. Estas perturbaciones afectan directamente la salud de los seres humanos. Así, con el estudio de las comunidades de macro invertebrados como método de determinación del estado de calidad de la quebrada La Torura, se pueden identificar acciones de prevención y mitigación que ayuden en la conservación de esta fuente abastecedora del acueducto multiveredal de manera más regulada.

El uso de los macro invertebrados acuáticos, como indicadores de calidad de agua, ha venido ganando aceptación a nivel nacional y mundial. La quebrada “La Torura” es propia para la utilización de dicha metodología, por los trabajos que se han realizado según el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado urbano del municipio de Entreríos, pues de la calidad del agua depende la salud de las personas. La determinación de la calidad hídrica usando el método de indicadores biológicos proporciona una técnica fácil y practica para conocer la calidad de agua ecológica y opta por tener resultados variados, que se pueden comparar y diferentes a los tradicionales fisicoquímicos. Estas nuevas metodologías presentan una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: requieren de equipos simples y relativamente económicos, metodologías sencillas, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general (Gutiérrez *et al*, 2006).

El método para realizar dicho estudio es la utilización de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, ya que estos son considerados como indicadores biológicos por su sensibilidad a los cambios de la biología que se puedan presentar en el transcurso de la corriente. Las intervenciones antrópicas como la ganadería extensiva con pastos mejorados, el uso indebido de agroquímicos y la

agricultura pueden provocar cambios y alteraciones en las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos, lo que permitirá conocer el grado de afectación hidrobiológico de la cuenca

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Valorar la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico, de la parte alta, media y baja de la quebrada La "Torura", Entreríos – Antioquia.

4.2 Objetivos específicos

- Clasificar taxonómicamente los macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada sitio de monitoreo.
- Evaluar la calidad del agua mediante los índices biológicos BMWP y EPT.
- Describir la diversidad de hábitat de las comunidades de macroinvertebrados detectadas.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA

Desde siempre los ecosistemas fluviales se encuentran sometidos a numerosas perturbaciones causadas por las actividades humanas. La regulación y rectificación de cauces, la contaminación por materia orgánica, la eutrofización y las actividades mineras, entre otros, los cuales producen cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan los ríos o quebradas. Una de las comunidades que responde a estas perturbaciones es la de macroinvertebrados bentónicos, (Se entiende por invertebrados bentónicos aquellos que habitan en el lecho fluvial entre las piedras, plantas acuáticas sumergidas, etc. ya sea durante todo su ciclo vital (como los moluscos) o parte de él (como muchos insectos, en los que la fase adulta es terrestre y la fase larvaria es acuática). Se denominan 'macroinvertebrados' a los que alcanzan a lo largo de su ciclo de vida un tamaño superior a 0,200 mm, lo que les puede hacer visibles a simple vista (Rosenberg y Resh, 1993)

Existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitas, macroinvertebrados y peces, entre otros. De todas las metodologías, aquellas basadas en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos son las más usuales. Las razones fundamentales de esta preferencia radican en su tamaño relativamente grande (apreciable a simple vista), su fácil captura y que reflejan las posibles alteraciones existentes en el medio. Por ello, los juicios respecto a la calidad de las aguas realizadas mediante métodos biológicos son más confiables que los obtenidos con base en los métodos fisicoquímicos (Tercedor, A. 1996).

Las características físicas de las corrientes crean condiciones de hábitat específicas que soportan diferentes tipos de alimento para la biota acuática (Buss et al. 2004; Malmqvist, 2002), albergando una composición específica de macroinvertebrados, por tal motivo es importante evaluar la diversidad considerando la heterogeneidad de hábitat (Baptista et al. 2000; Ligeiro et al. 2010). Por ejemplo, la hojarasca es preferida

por muchos taxones en corrientes tropicales dado que brinda refugio y fuentes de alimento (Baptista et al. 2000) que permite soportar ensamblajes más diversos de macroinvertebrados, particularmente especies de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Buss et al. 2004). En contraste, en regiones templadas se ha evidenciado que los hábitats rocosos contienen un mayor número de individuos, de biomasa y riqueza de bentos (Brown y Brussock 1991; Korte 2010).

5.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los métodos fisicoquímicos ayudan a conocer con precisión el tipo de contaminante vertido en detalle. Neumann *et al*, citado por Leiva (2004) afirman que la principal desventaja de determinar la calidad de agua mediante el uso de métodos fisicoquímicos radica en parte en el costo elevado, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria. Según Roldan (1988), los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

5.2.1 pH

Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino puede indicar contaminación industrial (ABS, 1994).

5.2.2 Turbidez

La turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales, tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT). (Crites y Tchobanoglous 2000)

5.2.3 Conductividad eléctrica

Es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones su concentración total, movilidad y valencia y la temperatura de las medidas. Las soluciones de los compuestos orgánicos por lo general son buenos conductores y las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas poco o nada contribuyen con flujo de corriente (Chapman,1996).

5.2.4 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Lenntech, 2007). Por otro lado, numerosos estudios científicos sugieren que 4-5ppm de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportará una gran y diversa población acuática. (Stevens Institute of Technology, 2006).

5.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho, elevando la DBO. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. Generalmente, cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD

(Oxígeno Disuelto). Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del OD en el agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla y, por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto (SIT, 2006).

5.2.6 Temperatura

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

5.2.7 Nitritos y nitratos

Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno (Lenntech, 2007). En un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitratos, en lugar de la forma oxidada. La presencia de nitritos de amonio, es un indicio de reciente contaminación orgánica o de que existen procesos reductivos predominantes (Roldán, 2003). Las principales fuentes de nitrógeno en el agua son la contaminación orgánica y la agricultura por uso de agroquímicos. Cuando existe un exceso de nitrógeno, se desarrolla un proceso de eutrofización provocando un alto crecimiento de algas y plantas acuáticas. Debido a todo esto, el ecosistema es el que sufre las consecuencias ya que se reduce la diversidad de especies al tener una menor provisión de oxígeno.

5.3 BIOINDICADORES

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (o ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus

límites de tolerancia (Rosemberg y Resh, 1993). El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vázquez *et al*, 2006).

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes (Roldán, 1993). Estos son utilizados para el biomonitoreo por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones (Roldán, 2003).

La utilización de indicadores calculados con datos de un muestreo de macroinvertebrados, está estrechamente relacionado con la determinación de la calidad del agua, ya que el proceso de identificación de la contaminación de las fuentes hídricas al utilizar métodos tradicionales, es muy lento y la información proporcionada es momentánea. Aún la misma presencia de peces puede que no brinde información sobre un problema de contaminación, porque éstos pueden migrar para evitar los efectos del agua contaminada y luego regresar cuando mejoren las condiciones. Sin embargo, la mayoría de los macroinvertebrados no pueden migrar para evitar la contaminación. Por esto mismo, una muestra de estos organismos acuáticos puede servir como indicador de la calidad del agua al ofrecer más información sobre la contaminación o la calidad general del agua a través de un periodo más largo de tiempo.

DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ÓRDENES DE MACROINVERTEBRADOS COMUNES

- **ODONATA:** Los Odonata viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante

vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldán, 1988).

- **EPHEMEROPTERA:** Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua (Roldán, 1988).
- **COLEOPTERA:** La mayoría de Coleóptera acuáticos viven en aguas continentales loticas y lenticas. En las zonas loticas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias (Roldán, 1988).
- **PLECOPTERA:** Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas (Roldán, 1988).
- **TRICHOPTERA:** La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal, algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. Las larvas (caddisfly larvae) viven en el fondo o laderas de los ríos y asociadas a macrófitas semi sumergidas, adheridos a vegetación flotante o enraizada, enterrados en el fondo, sobre rocas y troncos sumergidos, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre su superficie (McCafferty 1981, Roldán 1992, 1996; Alba-Tercedor 1996).

5.4 ÍNDICES BIOLÓGICOS

El EPT se refiere a la presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en una comunidad biológica. En general, las especies de estos grupos de

insectos son sensibles a las perturbaciones humanas (Alonso y Camargo, 2005), de aquí su uso como indicadores en el cálculo del índice.

El BMWP es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados acuáticos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este sistema de puntuación es posible comparar la 12 situación relativa entre estaciones de muestreo (Alba-Tercedor, 1996). Sin embargo, no permite emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionaron los valores del BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988).

5.5 Medición del caudal

El caudal es el resultado del producto entre la sección o la media de varias secciones del río (expresado en m^2 o cm^2) y la velocidad media del agua (que se expresa en m/s o cm/s). Las unidades más utilizadas son los litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por segundo (m^3/s) (Leiva, 2004).

5.6 Método del flotador

Este procedimiento se basa en medir la velocidad del agua y aplicar la ecuación

Caudal (m^3/s): Sección (m^2) x Velocidad (m/seg).

Para una estimación, la velocidad se calcula arrojando algún objeto que flote en el agua, y la sección se estima muy aproximadamente (Ancho Medio x Profundidad Media), este procedimiento da grandes errores, pero proporciona un orden de magnitud (ver figura 1).

Figura 1. Medición de caudal método de flotador



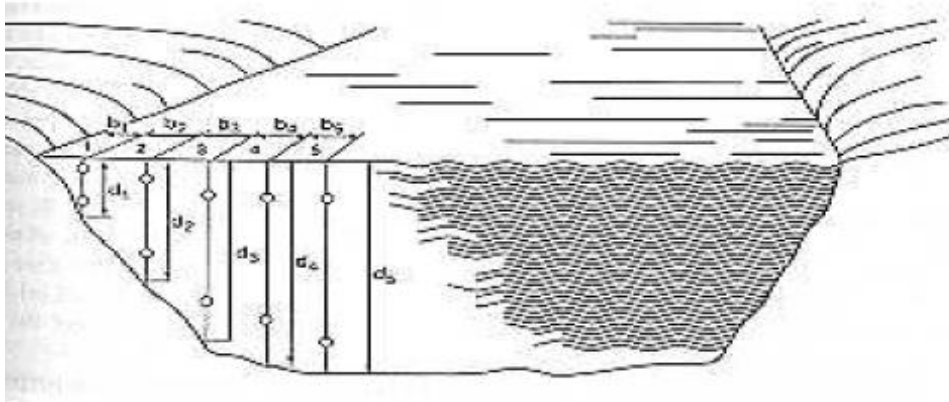
(Sánchez, 2013)

En algunos casos se aconseja multiplicar el valor obtenido con flotadores por un coeficiente de 0,7 o 0,8 ya que con los flotadores suele medirse preferentemente la velocidad en la parte central del cauce, no teniendo en cuenta las partes próximas a las orillas, de velocidades más bajas, obteniéndose un error por exceso (Sánchez, 2013).

5.7 Medición del caudal con molinete hidrométrico.

La profundidad del río en la sección transversal se mide en verticales con una barra o sonda. Al mismo tiempo que se mide la profundidad, se hacen mediciones de la velocidad con el molinete en uno o más puntos de la vertical. La medición del ancho, de la profundidad y de la velocidad permite calcular el caudal correspondiente a cada segmento de la sección transversal. La suma de los caudales de estos segmentos representa el caudal total (Organización internacional de normalización, 1979).

Figura 2. Medición de caudal método del molinete



Fuente: (Organización internacional de normalización, 1979).

6. DESARROLLO METODOLÓGICO

6.1 AREA DE ESTUDIO

6.1.1 LOCALIZACION GENERAL

El municipio de Entrerrios se encuentra localizado al norte de Medellín a una distancia aproximada de 66 km y presenta una extensión de 219 km². De acuerdo con el meridiano de Greenwich se localiza geodésicamente en las coordenadas, latitud norte: 6° 33'48" y longitud oeste: 75° 31' 21" (ver **mapa 1 y 2**). La cabecera municipal se encuentra a una altura de 2300 m.s.n.m presentándose un clima frío y una temperatura promedio de 16 °C

Mapa 1. Localización Municipio de Entrerrios



Fuente : PMAA, 2004

6.1.2 LOCALIZACION ESPECÍFICA

La Quebrada la Torura Nace en el paraje La Cuchilla del Zancudo al Sur del Alto de Sabanas en la cota 2.800 m.s.n.m. con un recorrido de 11,5 km aproximadamente en dirección oeste – este. Esta microcuenca conformada por la quebrada de su mismo nombre y sus afluentes; es el eje geográfico del municipio de Entrerriós pasando por el lado izquierdo de su casco urbano a la cual convergen otras quebradas de gran importancia como la Zancuda, la Maya, la Sierra, el Común, la Montañita, la Tolda, el Roblal, la Vega, El Cuevero, Potrerito y la Burra (imagen 1). En general la subcuenca la conforman pequeños valles de topografía ondulada con pendientes entre 12 al 25%, algunos son estribaciones de la cordillera del Zancudo que presentan pendientes entre el 25 y 50%, suelos de influencia aluvial y coluvial donde predomina el uso en potreros con pastos mejorados, y de gramas naturales, cultivos de tomate de árbol y papa en menor escala. La división de cuencas municipio de Entrerriós y los parámetros geomorfológicos de la quebrada La Torura se muestran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

Mapa 2. Drenaje principal quebrada la Torura



Fuente: IGAC, modificado por Fabian Maya

Imagen 1. Casco urbano Entrerriós atravesado por la Torura



Fuente: EOT Entrerriós-Antioquia 2000, 2003, 2007

Tabla1. División de cuencas municipio de Entrerriós

Cuenca o Subcuenca	Microcuencas	Área (km ²)
Río Grande	Qda. Santa Bárbara	3,13
	Qda. Candelaria	21,55
	Qda. San José	23,24
	Qda. La Pajita	4,56
	Qda. La Paja	10,10
	Cuenca Alta de la Qda. La Torura (Qdas. La Sierra, El Gallo, Las Peñas y Potrerito).	23,69
	Cuenca Media de la Qda. La Torura (Qdas. La Maya, La Zancuda, Rionegrito).	29,70
	Cuenca Baja de la Qda. La Torura (Qdas. La Burra y Del Matadero).	28,82
	Qda. Pontezuela	14,81
	Otros afluentes del río Grande.	33,10

Río Chico	Qda. Yerbabuena y otros afluentes.	15,90
	Otros afluentes del Río Chico.	7,98

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Entrerriós 2004-2007

Tabla 2. Parámetros geomorfológicos de la quebrada La Torura

Parámetro	Unidad	Valor
Área de la cuenca	Km ²	76.72
Longitud del cauce principal	km	19.895
Perímetro de la cuenca	km	45.049
Ancho de la cuenca	km	6.118
Cota superior cauce	m.s.n.m	2.800
Cota inferior cauce	m.s.n.m	2.280
Coeficiente de compacidad		1.45
Forma de la cuenca		oval oblonga
Gradiente promedio del cauce	m/km	16.08
Orden del cauce principal	km/km ²	5
Densidad de drenaje	km	2.3
Longitud total cauces	km	176.45

Fuente: EOT Entrerriós 2000, 2003, 2007

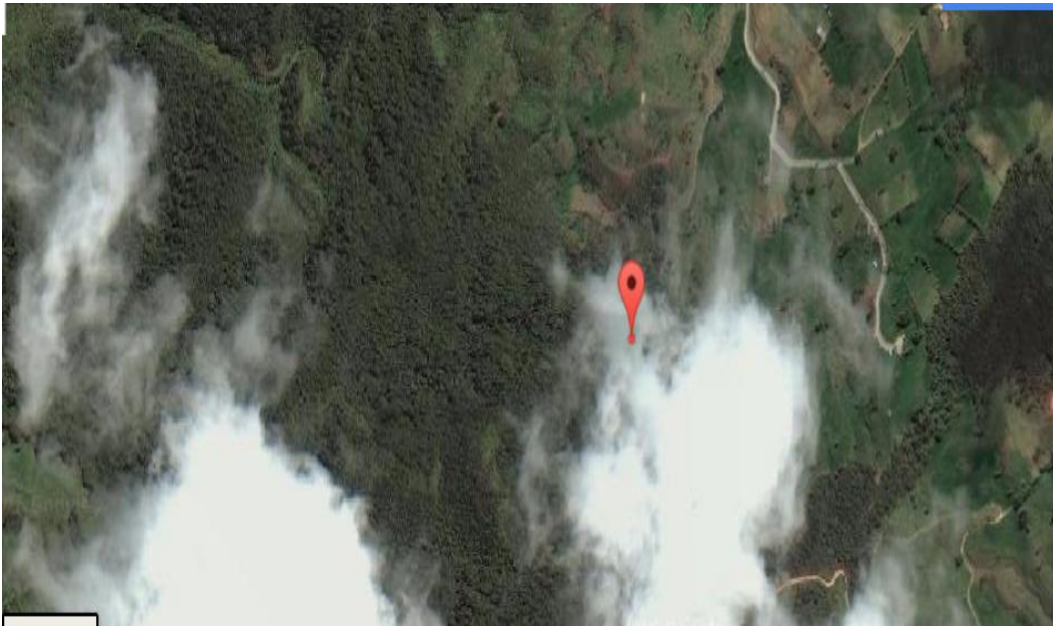
6.2 Descripción de los puntos de muestreo

Parte Alta

La primera estación de monitoreo está ubicada en las coordenadas N 06° 35'06.3" , W 075° 35'26.5", y a una altitud de 2473 msnm, y ubicada a unos 12km de la cabecera municipal del municipio de Entrerriós por la vía que conduce a la vereda Toruro, cabe resaltar que es importante la medición de la calidad del agua, ya que se encuentra en un bosque secundario, no existe una intervención antrópica, cuenta con una adecuada cobertura vegetal, con especies endémicas de la región, además de surtir de agua con un acueducto veredal a la vereda Toruro, no se observan vertimientos de aguas

residuales en la fuente y se ubica antes de un acueducto veredal bastante importante como lo es el acueducto de la vereda Toruro. En esta estación predomina el lecho rocoso (imagen 2 y 3).

Imagen 2. Fotografía Aérea Parte Alta quebrada La Torura



Fuente: Google Earth

Imagen 3. Parte alta quebrada La Torura

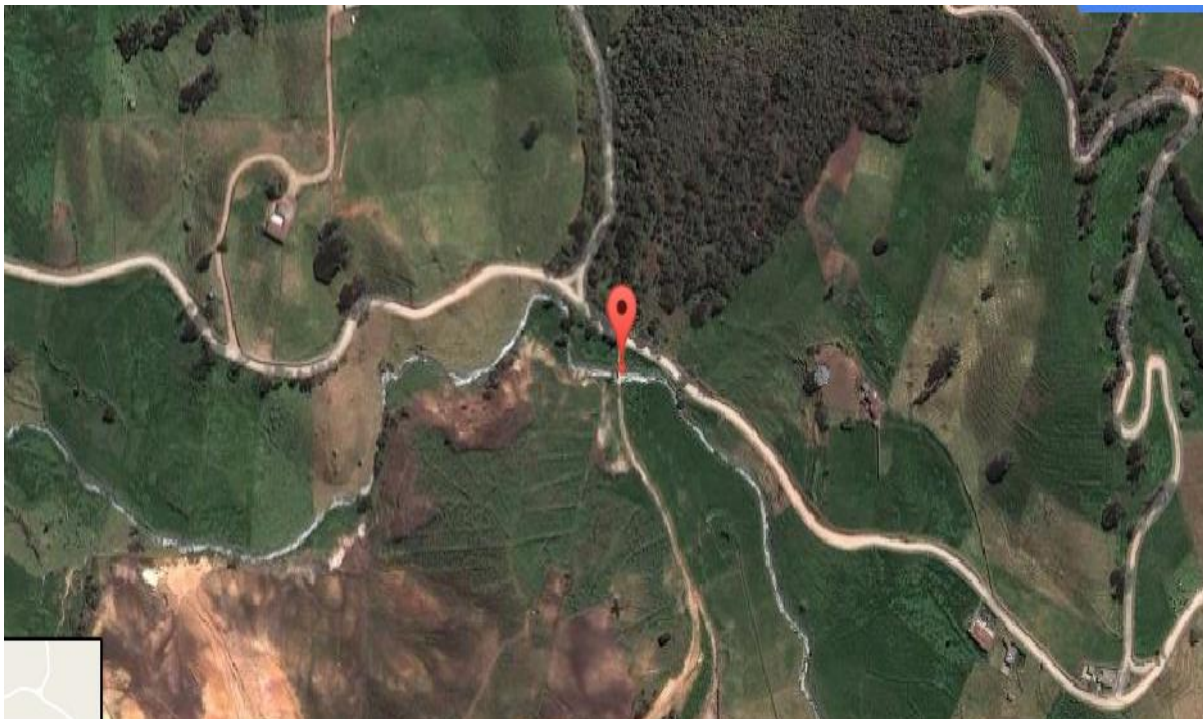


Foto: Fabián Maya Ortega

Parte Media

La segunda estación de monitoreo está ubicada en las coordenadas N $06^{\circ} 34'50.1''$, W $075^{\circ} 33'25.1''$, y a una altitud de 2317 msnm, este punto se encuentra ubicado en la vereda Toruro a unos 5,5 km de la cabecera municipal de Entrerríos, este punto es considerado como representativo en la calidad del agua debido a las intervenciones antrópicas principalmente la ganadería extensiva con pastos mejorados y la agricultura que afectan a la quebrada La Torura, además de otras descargas proveniente de actividades como el turismo y la explotación de truchas en afluentes de la quebrada La Torura. En esta zona la quebrada recibe vertimientos por agroquímicos y desechos residuales de las fincas aledañas. Este punto se caracteriza Por tener un fondo arenoso con arrastre de sedimentos (imagen 4 y 5).

Imagen 4. Fotografía aérea Parte Media quebrada La Torura



Fuente: Google Earth

Imagen 5. Parte Media quebrada La Torura



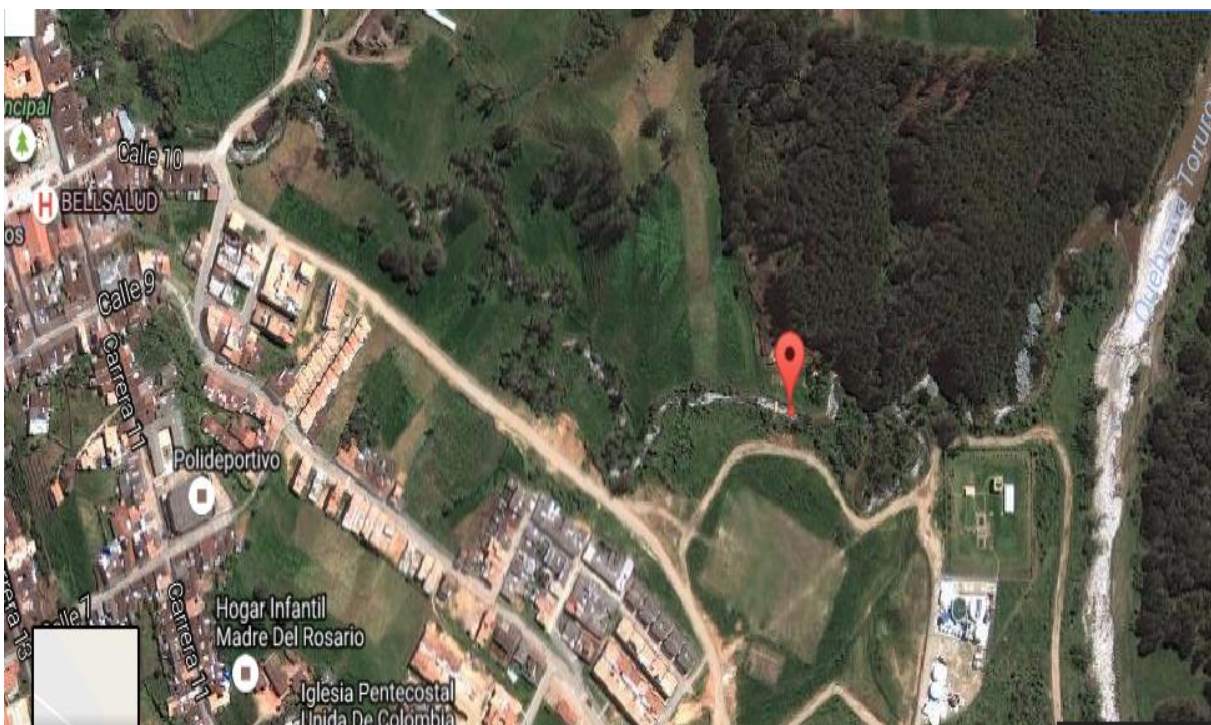
Foto: Edison Saldarriaga A.

Parte Baja

La tercera estación de monitoreo está ubicada en las coordenadas N $06^{\circ} 33'57.4''$, W $075^{\circ} 30'39.7''$, y a una altitud de 2317 msnm, este punto se encuentra ubicado luego de

atravesar el casco urbano del Municipio de Entrerríos y antes de la desembocadura al Río Grande, es importante este punto debido a las intervenciones antrópicas en este como lo son las descargas directas a la quebrada La Torura provenientes de distintas actividades económicas y domésticas. Se caracteriza por tener un fondo arenoso que arrastra sedimentos hacia Río Grande (ver imágenes 6 y 7).

Imagen 6. Fotografía aérea Parte Baja quebrada La Torura.



Fuente: Google Earth

Imagen 7. Parte Baja quebrada La Torura.



Foto: Edison Saldarriaga A.

6.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN INDIVIDUOS

Para llevar a cabo la investigación y obtener una variabilidad y confiabilidad en los resultados se ejecutaron tres monitoreos para la recolección de los individuos macroinvertebrados en la Quebrada La Torura del Municipio de Entrerriós - Antioquia, el primero llevado a cabo el día 9 del mes de Septiembre de 2016, el segundo el día 28 de Septiembre de 2016 y el tercero y último el día 19 de Octubre de 2016 (Este monitoreo no fue llevado a cabo, debido a las condiciones climáticas, las fuertes precipitaciones presentadas los días antes y después de la fecha propuesta para realizar monitoreo, condicionan la presencia de individuos macroinvertebrados, el incremento del caudal y las profundidades no son condiciones óptimas para la permanencia de individuos en los sitios de estudio.)

Para realizar los cálculos de los índices biológicos se realizó una recolección directa de macroinvertebrados mediante la siguiente metodología: la recolección de individuos se realizó en 3 puntos ubicados a lo largo de la quebrada “La Torura”. En cada una de los puntos se examinaron rocas a lo largo y ancho de la quebrada recolectándose todos los individuos presentes en un área de 20 m², durante un tiempo de 60 minutos haciendo la mayor recolección de individuos, para esto se utilizan pinzas entomológicas y se depositan los organismos en alcohol al 70%. Otra metodología de recolección es mediante una red de pantalla, la cual se sitúa en diferentes sitios de la fuente vertical al sustrato, se remueve el fondo de la quebrada quedando así atrapados en la red los macroinvertebrados. Otra metodología utilizada es por medio de la red surver, la cual se sitúa en la orilla de la fuente y se arrastra en contra de la corriente quedando así atrapados en la red los macroinvertebrados, esto se realiza con el fin de poder atrapar los macroinvertebrados en todos los perfiles de la quebrada, superficiales, subsuperficial y en el fondo. En cada punto de monitoreo se inspeccionó el macro y micro hábitat mediante un formato de campo basado en el formato “Protocolo de campo para la evaluación biológica de la calidad de las aguas” (Roldán Pérez G., 2003). Todos los macroinvertebrados recolectados se colocaron en recipientes debidamente

marcados y sumergidos en alcohol al 70%; luego de la recolección los macroinvertebrados fueron llevados al laboratorio de biología de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia para clasificarlos e identificarlos, utilizando un estereoscopio, un microscopio y el libro : Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia (Roldán, 1988 y Roldán, 2003), se identificaron los macroinvertebrados, clasificándolos por clases, familias y géneros, de acuerdo a los datos obtenidos en campo se procede a calcular los índices biológicos (BMWP/ COL y EPT).

El índice **BMWP** se obtuvo después de sumar los valores de tolerancia de cada una de las familias encontradas en los 2 monitoreos realizados en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura. (Ver tabla 3 y 4).

Tabla 3. Puntaje asignado para familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/COL

Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entreríos - Antioquia
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Ordenes	Familias	Puntaje
Plecoptera Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Diptera Unionoidea Acarí Hidroida	Perléidae Oligoneuridae, Euthyplocidae, Polymtarcyidae. Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhysocophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae.. Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae. Polythoridae. Blepharoceridae. Unionidae. (CI: Bivalvia o Pelecypoda) Lymnessiidae. (CI: Arachnoidea o Hidracarina). Hidridae. (CI: Hydrozoa)	10
Ephemeroptera Tricoptera Coleoptera Diptera Odonata Gordioidae Lepidoptera Mesogastropoda Hirudiniformes	Leptophlebiidae, Efemeridae. Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae. Gyrinidae, Scirtidae. Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae.. Simuliidae. Gordiidae, Chordodidae. (CI: Nematomorpha) Pyrallidae Ampullariidae. (CI: Gastrópoda). Hirudinae. (CI: Hirudinea)	9
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Decápoda Basommatophora	Baetidae, Caenidae, Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae. Dytiscidae, Dryopidae. Lestidae, Calopterygidae. Pleidae, Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae Dixidae. Palaemonidae, Pseudothelpusidae. (CI Crustácea) Chilinnidae. (CI: Gastrópoda)	8
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Basommatophora Mesogastropoda Archeogastrópoda	Tricorythidae, Leptohiphidae. Polycentropodidae. Elmidae, Staphylinidae Aeshnidae. Naucoridae, Notonectidae, Mesovelidae, Corixidae. Psychodidae Ancyliidae, Planorbidae. (CI: Gastrópoda) Melaniidae, Hydrobiidae, (CI: Gastrópoda) Neritidae. ... (CI: Gastrópoda)+	7

Ordenes	Familias	Puntaje
Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Megalóptera Decapoda Anfípoda Tricladida	Limnichiidae, Lutrochidae. Libellulidae, Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae, Dolichopodidae. Corydalidae, Sialidae.. Atyidae. . (Cl Crustácea) Hyalellidae. . (Cl Crustácea) Planariidae, Dugesidae..	6
Coleóptera Diptera Basommatophora	Chrysomelidae, Halipidae, Curculiónidae. Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae. Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	5
Coleoptera Diptera Basommatophora	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae. Tipulidae, Ceratopogonidae. Limnaeidae, Sphaeriidae.. (Cl: Gastrópoda).	4
Diptera Basommatophora Glossiphoniiformes	Culiidae, Muscidae, Sciomizidae. Physidae. (Cl: Gastrópoda). Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae	3
Diptera	Chironomidae, Ephyridae, Syrphidae.	2
Haplotoxida	Tubificidae (Tubifex)	1

Fuente: (Zamora, 1999)

Tabla 4. Clases de calidad, significado de los valores del BMWP/COL y colores a utilizar para las representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	Valor	Significado	Color
I.	Muy buena	>121	Agua muy limpias.	Azul oscuro
II.	“Buena”	101 – 120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.	Azul claro
III.	“Aceptable”	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación.	Verde
IV.	“Dudosa”	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
V.	“Crítica”	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI.	“Muy crítica”	< 15	Aguas fuertemente Contaminadas.	Rojo

Fuente: (Zamora,1999)

El cálculo del índice EPT fue realizado mediante la utilización de estos tres órdenes de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que son indicadores de calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación antrópica. Se obtiene contando el número de taxa de estos órdenes presentes en la muestra. El valor obtenido se compara en un cuadro de calidad de agua (Klemm *et al*, 1990) (ver tabla 5).

Tabla 5. Calidad, rango de los valores del índice EPT L y colores a utilizar para las representaciones cartográficas.

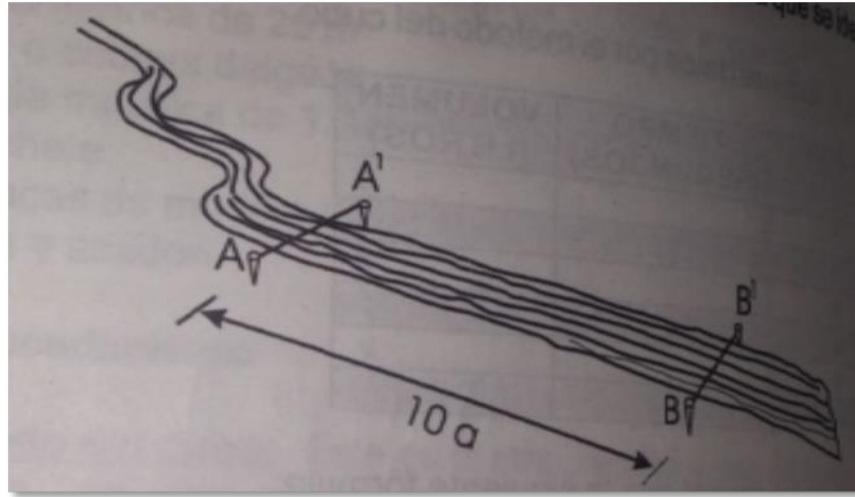
CALIDAD SEGÚN ÍNDICE EPT	RANGO (%)	COLOR
Muy buena	75 -100	Blue
Buena	50 - 74	Green
Regular	25 -49	Yellow
Mala	0 -24	Red

6.4 Medición del caudal por Aforo

Para el aforo de la Quebrada La Torura se utilizó el método del flotador, este un método de poca exactitud, depende del número de veces que se mida la profundidad y la velocidad de la corriente, se utiliza para corrientes medianas, Se siguen los siguientes pasos:

Se escoge un sitio en el cauce que tenga un tramo lo más recto posible de mínimo 10 veces el ancho de la fuente. Se clavó una varilla de madera cerca de la orilla, en el primer sitio, aguas arriba, donde se empezó el aforo, este sitio se identificó como el punto A. Se midió una distancia exacta, por esta misma orilla en dirección de la corriente con las características anteriores y se clavó otra varilla de madera, este sitio se definió como punto B. Se clavaron varillas de madera en la orilla opuesta, al frente de los puntos A y B, Se ató una cuerda uniendo los dos puntos A1- A2 y B1 – B2 (ver imagen 8) (Pérez Marín, 2005).

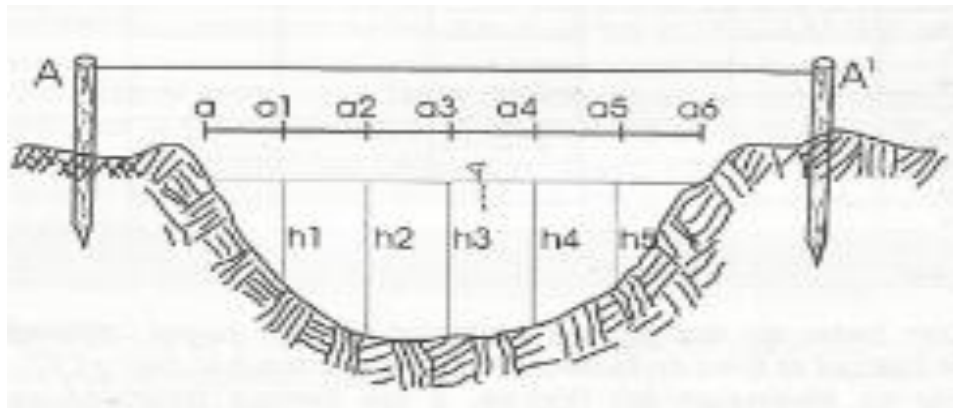
Imagen 8. Selección de tramo para aforo



Fuente: (Pérez Marín, 2005)

En el punto A1-A2 se midió el ancho de la fuente, este ancho se dividió en 6 partes obteniendo como resultado los puntos donde se tomará la profundidad con una regla paralela a la corriente con el fin de hallar el área de la sección (ver imagen 9).

Imagen 9. Medida de la profundidad de la fuente



Fuente: (Pérez Marín, 2005)

Se midió el tiempo que tarda el flotador (ping-pong) en recorrer la distancia entre A y B por la corriente de agua, este procedimiento se repitió en 5 oportunidades para tener una mayor veracidad de los datos. Se sacó un promedio aritmético de estas medidas y se calculó la velocidad promedio.

6.5 Índices de Calidad del Agua

El índice de Calidad del Agua NSF (National Sanitation Foundation) se determinó a partir de 9 parámetros: el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, pH y desviación de Temperatura, a los cuales se les asignó un valor que se extrae de la gráfica de calidad respectiva, el cual está en un rango de 0-100 (tabla 6 y 7) (Pamplona, 2003).

El ICA se calcula con la suma de los nueve parámetros elevados a un valor atribuido en función de la importancia del parámetro, así:

$$ICA = \sum_{i=1}^n C_i * W_i$$

Dónde:

ICA: Índice de Calidad del Agua, un número entre 0 y 100, adimensional.

C_i: Calidad de cada parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico de calidad, en función de su concentración o medida

W_i: valor atribuido en función de la importancia de ese parámetro un número entre 0 y 1. (Pamplona)

Tabla 6. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA” calculado para la parte baja

i	Sub _i	w _i
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Tabla 7. Clasificación del índice de calidad del agua ICA.

Descripción	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 -25	Rojo
Malo	26 – 50	Naranja
Medio	51 – 70	Amarillo
Bueno	71 – 90	Verde
Excelente	91 – 100	Azul

Fuente: Ott, W. (1978).

6.6 Parámetros Físicoquímicos tomados en campo

Para los dos monitoreos llevados a cabo se registraron parámetros de campo (temperatura ambiente, temperatura del agua, conductividad, pH, oxígeno disuelto), estos equipos son de lectura directa en el punto de muestreo, en la tabla 8 se encuentra la especificación de los equipos utilizados para la determinación de los parámetros físicoquímicos *in situ*.

Tabla 8. Equipos Utilizados en campo

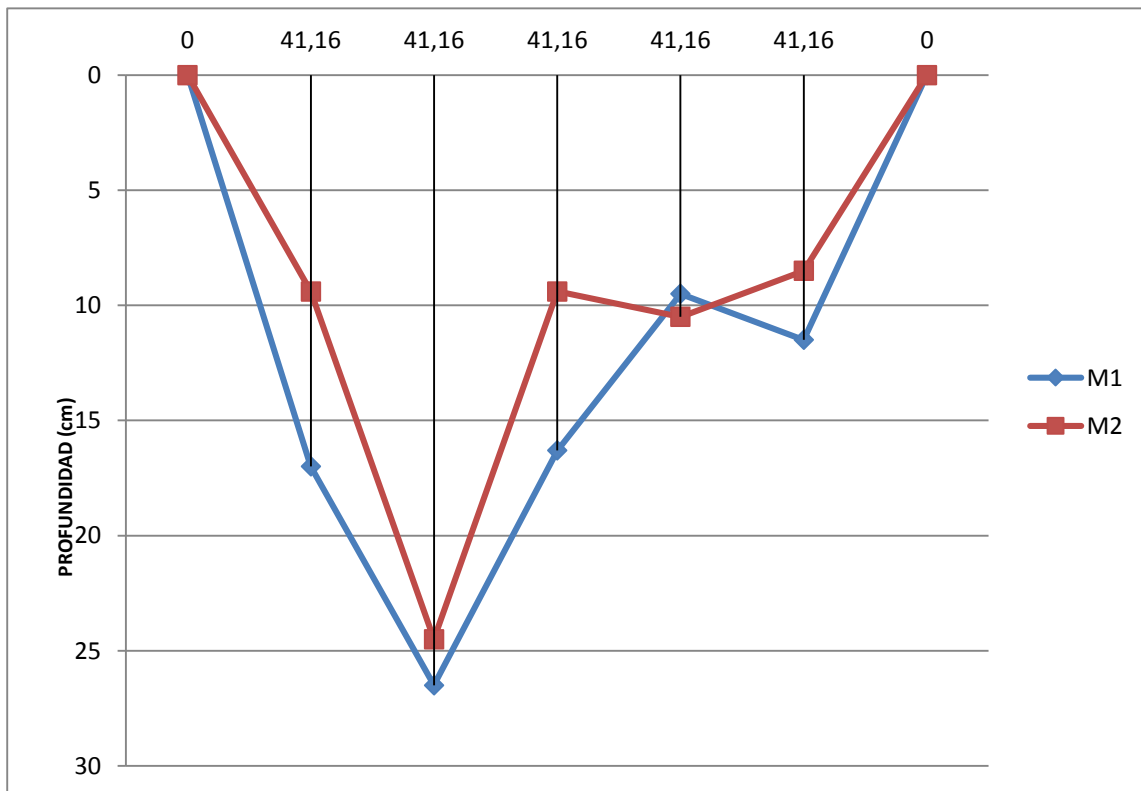
Equipo	Marca	Modelo
Multiparametro	HACH	HQ40D
Sonda de pH	HACH	PHC
Sonda de Oxigeno	HACH	LBOD
Conductímetro	WTW	COND3110

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Sección Transversal Puntos de Monitoreo

La parte alta muestra algunas variaciones en las profundidades del cauce, las mayores profundidades están dadas en las zonas medias y algunas próximas al margen de la sección como lo muestra el gráfico 1, esto causa la presencia o ausencia de algunos macroinvertebrados debido a las profundidades y velocidades del cauce que pueden arrastrar los individuos aguas abajo (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Alta.

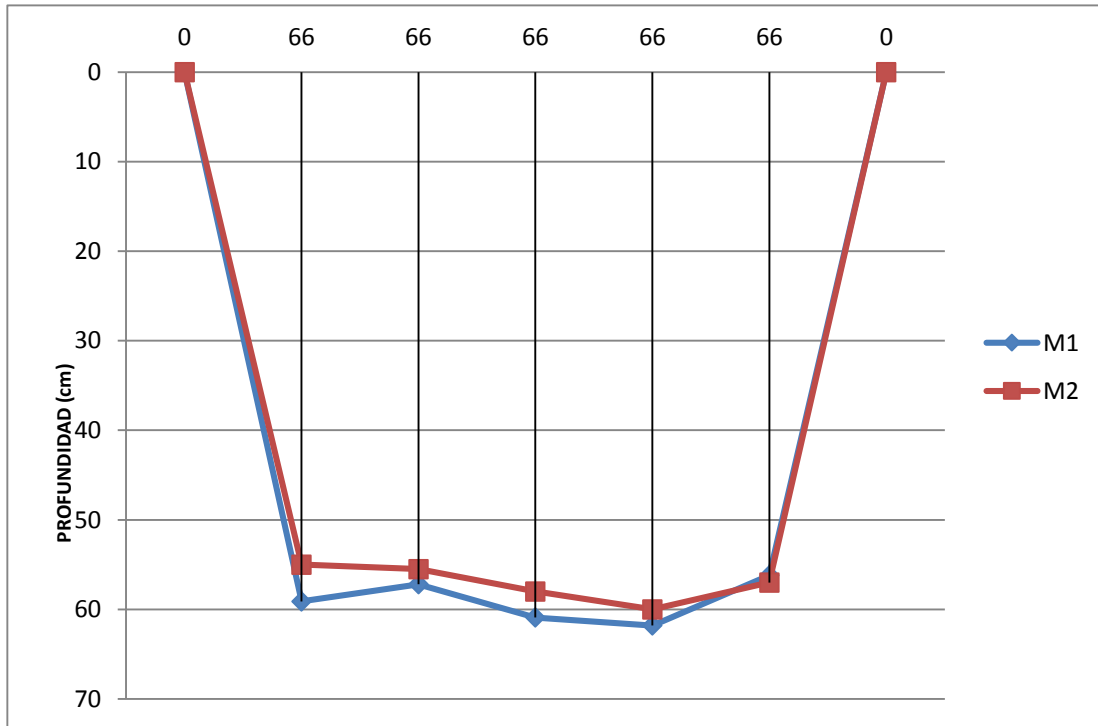


M1: muestreo 1, M2: muestreo 2

La parte Media muestra algunas variaciones en las profundidades del cauce, presentando el mismo patrón de la parte alta donde las mayores profundidades están dadas en las zonas medias y algunas próximas al margen de la sección como lo

muestra el gráfico 2, esto causa la presencia o ausencia de algunos macroinvertebrados (ver gráfico 2).

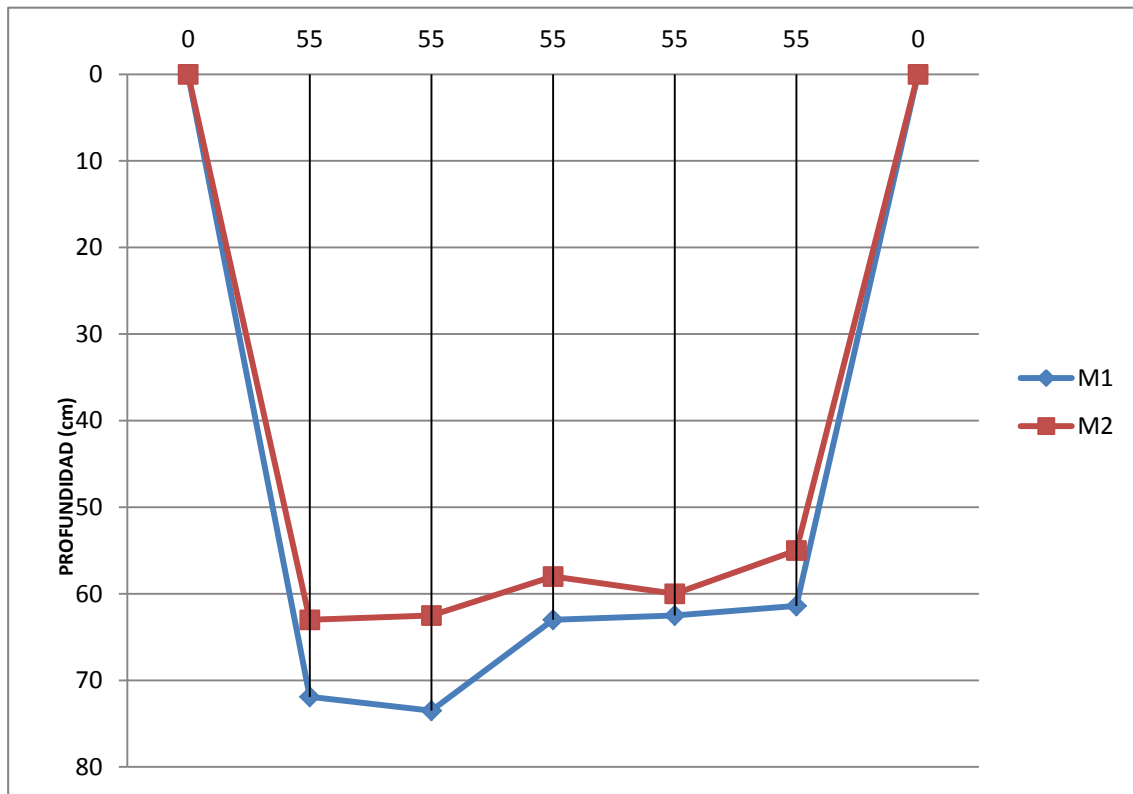
Gráfico 2. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Media.



M1: muestreo 1, M2: muestreo 2

La parte Baja muestra variaciones en las profundidades del cauce, presenta más similitud con la parte media que con la parte alta donde las mayores profundidades, las condiciones presentadas no son favorables para la presencia de una diversidad de macroinvertebrados (ver gráfico 3).

Grafico 3. Variación de las secciones transversales en el punto de monitoreo Parte Baja.



M1: muestreo 1, M2: muestreo 2

7.2 Variación de caudal en los puntos de monitoreo

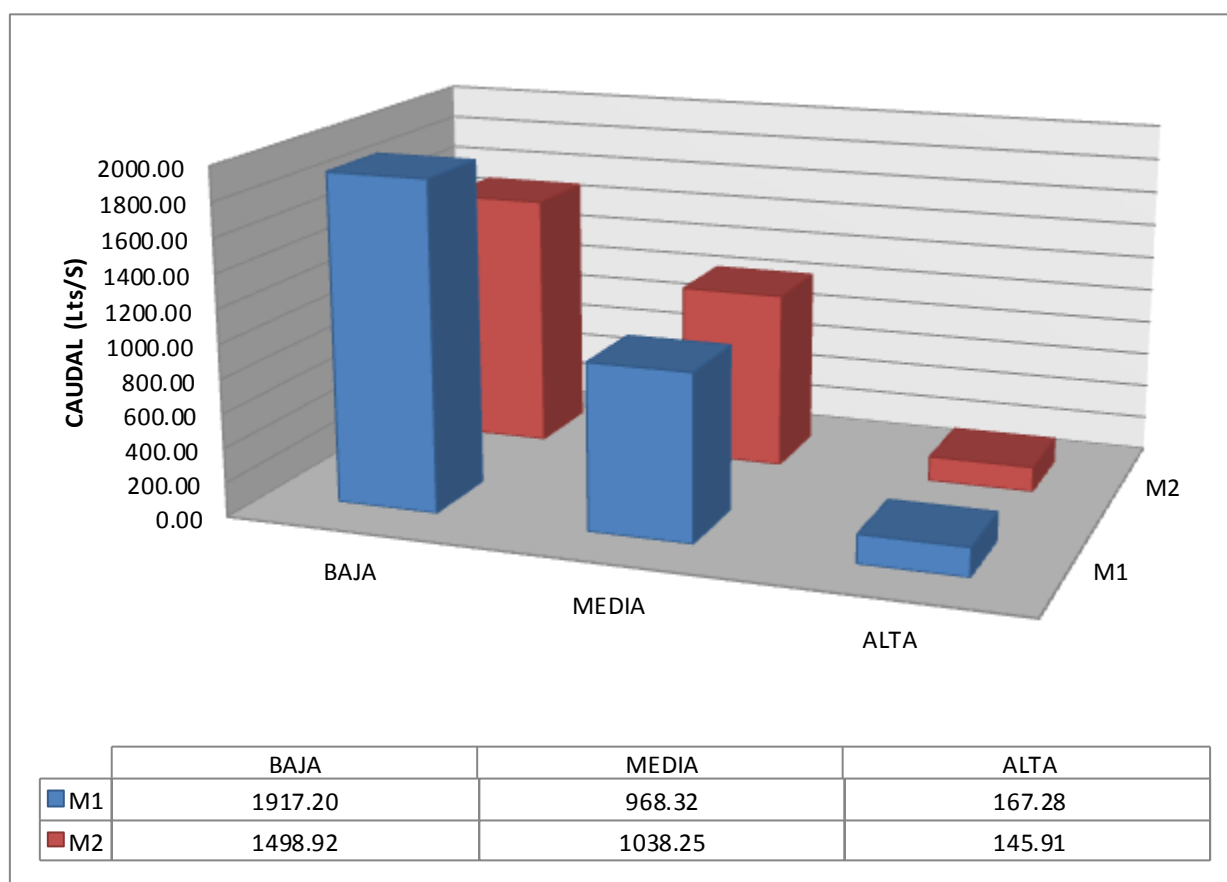
Para la parte alta la variación del caudal presentó un comportamiento similar entre los muestreos, con caudales variables, con un incremento de **21,37 L/s** entre el muestreo 1 y 2 dado por las precipitaciones. (Ver gráfico 4).

Para la parte media la variación del caudal presentó un comportamiento poco similar entre los muestreos, con caudales con una variación de **69,93 L/s** entre el muestreo 1 y 2. Esto se puede evidenciar en la variación de individuos presentes en cada muestreo. (Ver gráfico 4).

Para la zona baja el caudal tuvo un comportamiento muy variable entre aforos, estos caudales se dan debido a las descargas y afluentes aguas arribas y a las fuertes presentadas en estas fechas precipitaciones, esta parte es la de mayor caudal y de

menor presencia de macroinvertebrados y una alta existencia de materia orgánica (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Variación de caudal en la parte alta, media y baja quebrada La Torura



M1: muestreo 1, M2: muestreo 2

7.3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en cada uno de los monitoreos *in situ*.

Tabla 9. Parámetros de campo recolectados

Parte Alta	Muestreo 1	Muestreo 2
T Ambiente (°C)	16,7	16,5
T Agua (°C)	14,5	13,7
pH	7,36	7,71

Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entrerriós - Antioquia Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Conductividad eléctrica (us/cm)	36,5	145,9
Oxígeno disuelto (mg/l)	8,0	7,73
% O.D sat	103%	99%
Parte Media	Muestreo 1	Muestreo 2
T Ambiente (°C)	19	17,5
T Agua (°C)	17,5	15,9
pH	7,18	7,42
Conductividad eléctrica (us/cm)	60	116,3
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,23	6,98
% O.D sat	98,15%	92,40%
Parte Baja	Muestreo 1	Muestreo 2
T Ambiente (°C)	23	27
T Agua (°C)	19	19,2
pH	7,43	7,08
Conductividad eléctrica (us/cm)	74,1	255
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,4	6,29
% O.D sat	88,90%	89%

Los valores de temperatura y pH en la quebrada LaTorura del municipio de Entrerriós se permanecen en un rango constante, estos oscilan 7,18 unidades de pH y 7,71 unidades de pH, y la temperatura varía entre 13,7°C y 19,2°C; no se presentan variaciones considerables en estos parámetros. Las variaciones de temperatura se deben a la altitud de los puntos de monitoreo y tiene influencia directa con el oxígeno.

Los valores de oxígeno disuelto en el agua recolectados en la quebrada La Torura del municipio de Entrerriós oscilan entre 6,9 y 8,0 mg/, este valor indica una calidad del agua buena, este valor es suficiente para soportar una diversidad de vida acuática

Los valores de la conductividad eléctrica variaron significativamente entre el monitoreo 1 y 2 esto puede deberse a la escorrentía y arrastre de residuos de agroquímicos, fuertes precipitaciones, además de irrigación por parte de bovinos aledaños al margen de la fuente presentados en el monitoreo número 2.

7.4 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Los datos fisicoquímicos para la parte **BAJA** de la quebrada La Torura del Municipio de Entrerriós – Antioquia, que se presentan a continuación son basados en los monitoreos realizados por Montoya A, 2011 (ver tabla 10).

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos ICA parte Baja quebrada La Torura

PARÁMETRO	Parte Baja	Valor de importancia (Wi)	Ci	Wi*Ci
COLIF F (NMP/100ml)	17000,00	0,15	7,87	1,2
Dbo5 total (mgO2/L)	4,51	0,1	57,69	5,8
Oxígeno disuelto (%/sat)	66,26	0,17	68,63	11,7
Fosfatos (ortofosfatos) (mg(PO4)3-)	0,703	0,1	51,92	5,2
Nitratos, como nitrógeno (mgNO3-N/L)	1,56	0,1	90,61	9,1
Ph (unidades de pH)	6,64	0,12	85,53	10,3
Sólidos totales (mg/L)	450,00	0,08	40,76	3,3
Turbiedad (NTU)	204,00	0,08	5	0,4
Desv. Temperatura °C	6,10	0,1	31,20	3,1
VALOR ICA			MALA	49,9

(Montoya A, 2011)

7.5 RESULTADOS DE RECOLECCION DE INDIVIDUOS BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.

7.5.1 MUESTREO 1

Los macroinvertebrados recolectados en la visita realizada a la Quebrada La Torura el día 9 de septiembre de 2016 se muestran en las siguientes tablas 11, 12 y 13:

Tabla 11. Macroinvertebrados recolectados en la parte alta monitoreo 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	11
			Hydrobiidae	Ammnicola	1
			Planorbidae	Gyraulus	1
Artropoda	Insecta	Tricladida	Planaridae	Dugesia	11
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	1
		Trichoptera	Helicopsychidae	Borealis	2
			Hydropsychidae	Leptonema	2
			Hydroptlidae	Ochorotrichia	1
		Hemiptera	Gerridae	Eurygerris kahli	3
			Veliidae	Rhagovelia sp	1
Annelida	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	22
Total Individuos Colectados					56

Con base en familias encontradas, la familia Lumbriculidae mostró mayor abundancia con 22 individuos, las familias Lymnaeidae y la planaridae mostraron una abundancia de 11 individuos cada una, seguido de la Gerridae con 3 individuos, la Helicopsychidae y Hydropsychidae con 2 individuos cada una y las Hydrobiidae, Planorbidae, Elmidae, Hydroptlidae, Veliidae con 1 individuo cada una, con un total de 56 individuos recolectados en parte alta (ver gráficos 5 y 6).

Grafico 5. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte alta monitoreo 1

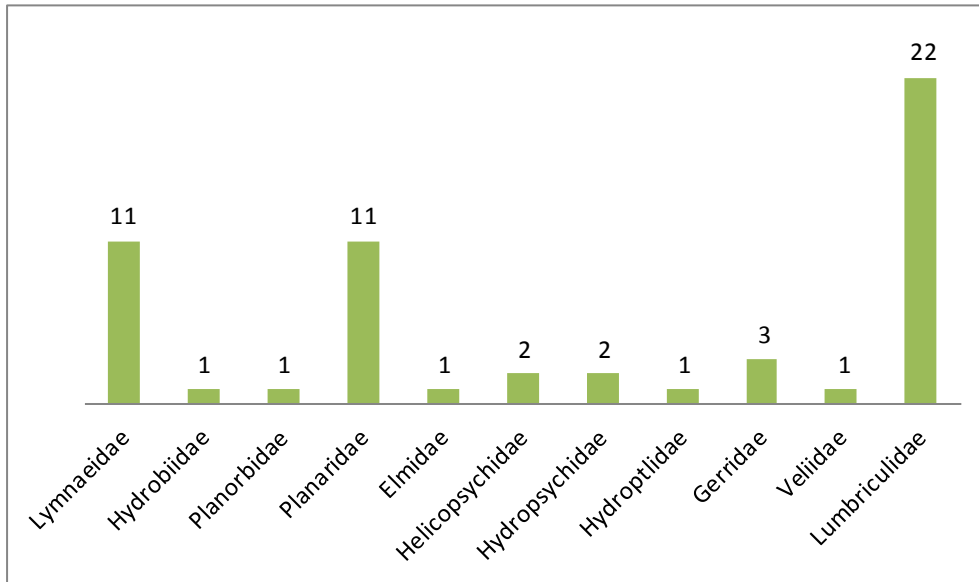
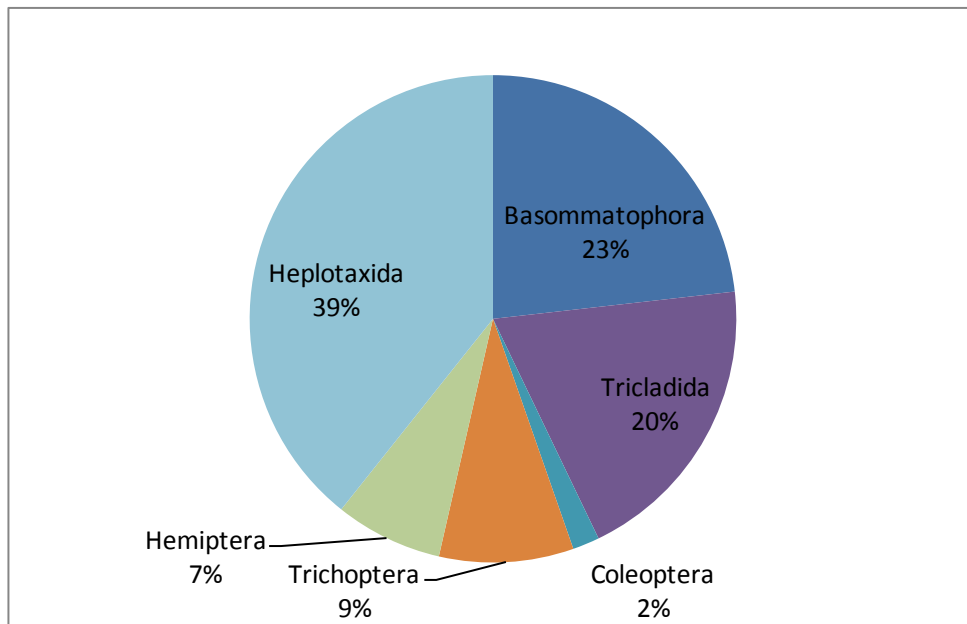


Grafico 6. Porcentaje de órdenes recolectados en la parte alta monitoreo 1



En el primer muestreo de la parte alta, los órdenes que mayor abundancia presentaron fueron el Heptotaxida con un 39%, Basommatophora con 23% y Tricladida con 20%.

Mientras que los órdenes con menor abundancia fueron Trichoptera 9%, Hemiptera 4% y Coleoptera con un 3% del total de los macroinvertebrados recolectados (grafico 6).

Con base en las familias encontradas, la familia tubificidae y planaridae mostraron una mayor abundancia con 11 individuos cada una, la familia Lymnaeidae mostró una abundancia de 4 individuos, seguido de la Helicopsychidae con 3 individuos, la Lumbriculidae con 2 individuos, y la Baetidae con un solo ejemplar, con un total de 32 individuos recolectados en parte media (ver tabla 12, gráficos 7 y 8).

Tabla 12. Macroinvertebrados recolectados en la parte Media monitoreo 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	4
Artropoda	Insecta	Tricladida	Planaridae	Dugesia	11
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetis sp	1
		Trichoptera	Helicopsychidae	Borealis	3
Annelida	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	2
		Haplotaxida	tubificidae	tubifex	11
Total Individuos Colectados					32

Grafico 7. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte media monitoreo 1

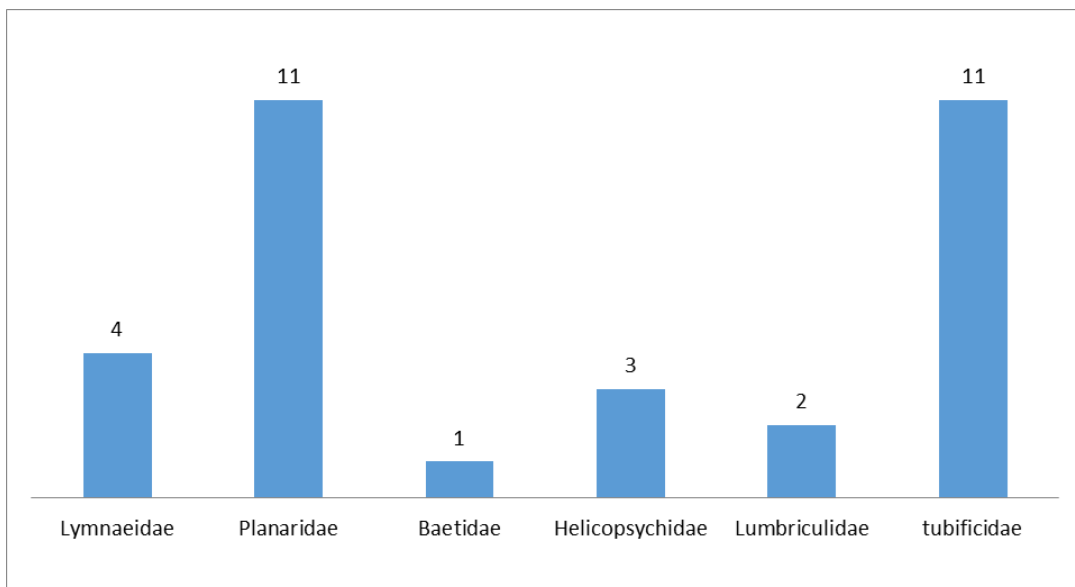
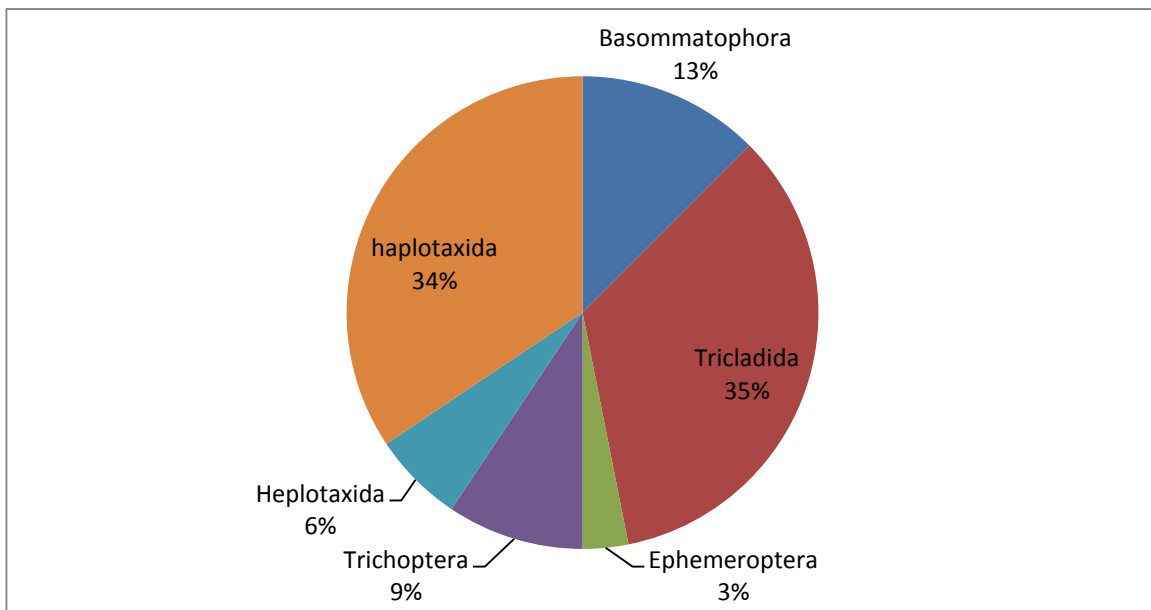


Gráfico 8. Porcentaje de órdenes recolectados en la parte media monitoreo 1



En la parte Media del primer monitoreo los órdenes que mayor abundancia presentaron fueron el Tricladida con un 35%, y Haplotaxida 34%, Basommatophora 13% y Trichoptera 9% del total de individuos colectados. Mientras que los órdenes con menor abundancia fueron Heplotaxida 6% y Ephemeroptera 3% y del total de macroinvertebrados recolectados (ver gráfico 8).

Con base en las familias encontradas, la familia tubificidae mostró una mayor abundancia con 23 individuos seguido de la familia Lymnaeidae con una abundancia de 11 individuos, la familia planaridae mostró una abundancia de 8 individuos, seguida de la familia Lumbriculidae con 2 individuos y por último la Glossiphoniidae con un solo individuo, para un total de 45 individuos recolectados en la parte baja (ver tabla 13, gráficos 9 y 10)

Tabla 13. Macroinvertebrados recolectados en la parte baja monitoreo 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	11
Artropoda	Insecta	Tricladida	Planaridae	Dugesia	8
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae		1
	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	2
		Haplotaxida	tubificidae	tubifex	23
Total Individuos Colectados					45

Grafico 9. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte baja monitoreo 1

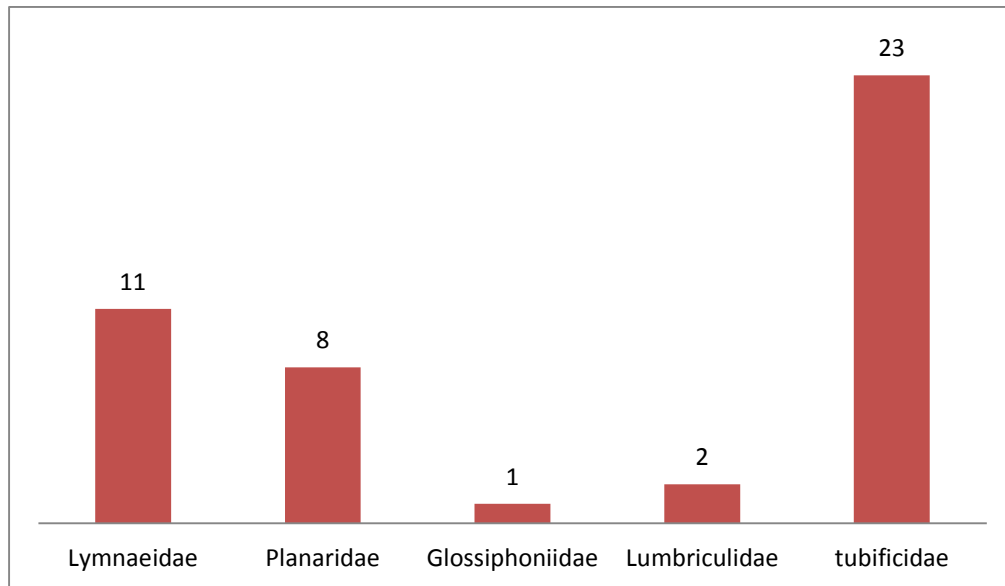
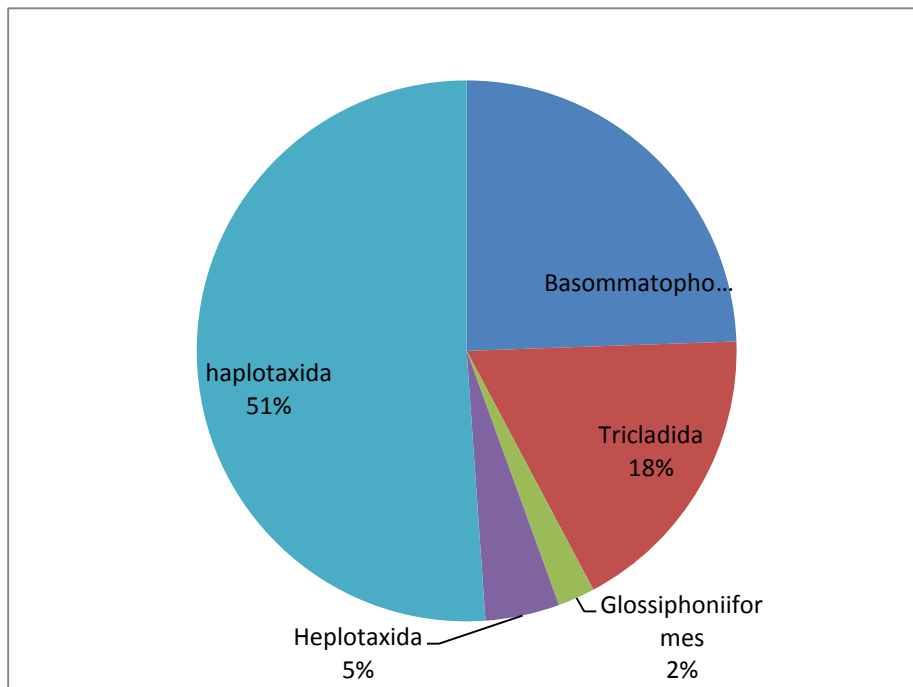


Grafico 10. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte baja monitoreo 1



En el primer muestreo de la parte Baja el orden que mayor riqueza mostro fue el Haplotaxida con un 51%, seguido del Basommatophora con un 24%, Tricladida con un

18%, Heplotaxida 5% y Glossiphoniiforme con un 2% del total de macroinvertebrados recolectados. (Ver gráfico 10).

7.5.2 MUESTREO 2

Los macroinvertebrados recolectados en la visita realizada a la Quebrada la Torura el día 28 de septiembre de 2016 se muestran en las tablas: 14, 15 y 16.

Con base en las familias encontradas, la familia Planaridae mostró mayor abundancia con 18 individuos, seguida de la familia Planorbidae con 16 individuos, la familia Lymnaeidae registró 15 individuos mientras que la familia Baetidae obtuvo 13 individuos, la familia Lumbriculidae registró 9 individuos, mientras que la Simulidae 5 y la Veliidae 3, las familias Elmidae y Hydropsychidae mostraron una abundancia de 2 individuos cada una, y por último las familias Dryopidae, Ptilodactylidae, Helicopsychidae y Odontoceridae registraron 1 individuo cada una, para un total de 89 individuos recolectados en la parte alta (ver tabla 14, gráficos 11 y 12).

Tabla 14. Macroinvertebrados recolectados en la parte alta monitoreo 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	15
			Planorbidae	Gyraulus	16
Artropoda	Insecta	Tricladida	Planaridae	Dugesia	18
		Coleoptera	Dryopidae	Elmoparnus sp	1
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	1
			Elmidae	Heterelmis sp	2
			Elmidae	Cylloepus	2
		Trichoptera	Helicopsychidae	Borealis	1
			Odontoceridae	Marilia	1
			Hydropsychidae	Smicridea	2
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	13
		Díptera	Simulidae	Simulium	5
		Hemiptera	Veliidae	Microvelia sp	3
Annelida	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	9
Total Individuos Colectados					89

Grafico 11. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte alta monitoreo 2

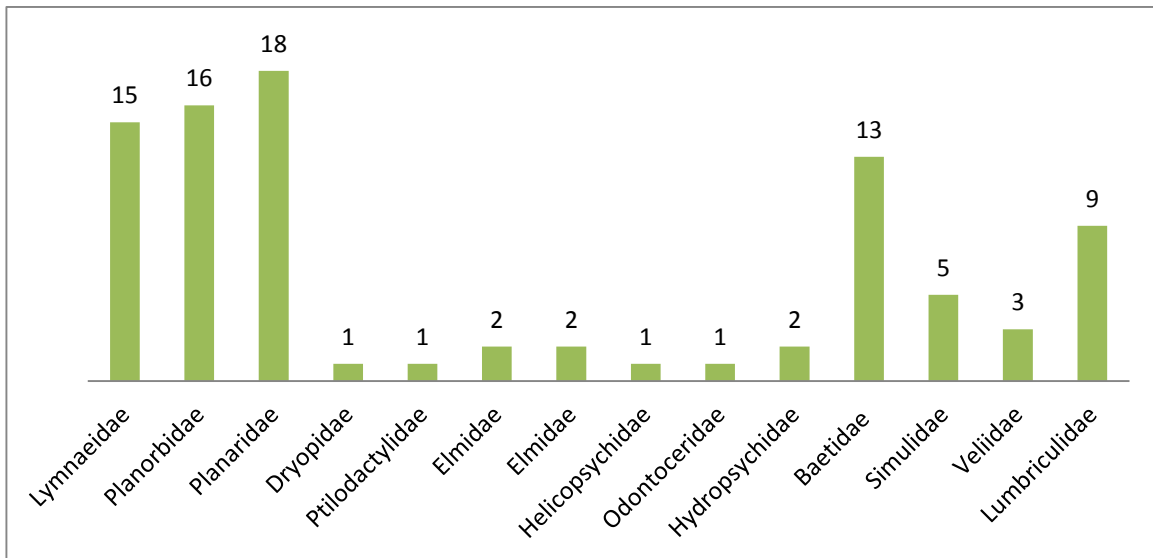
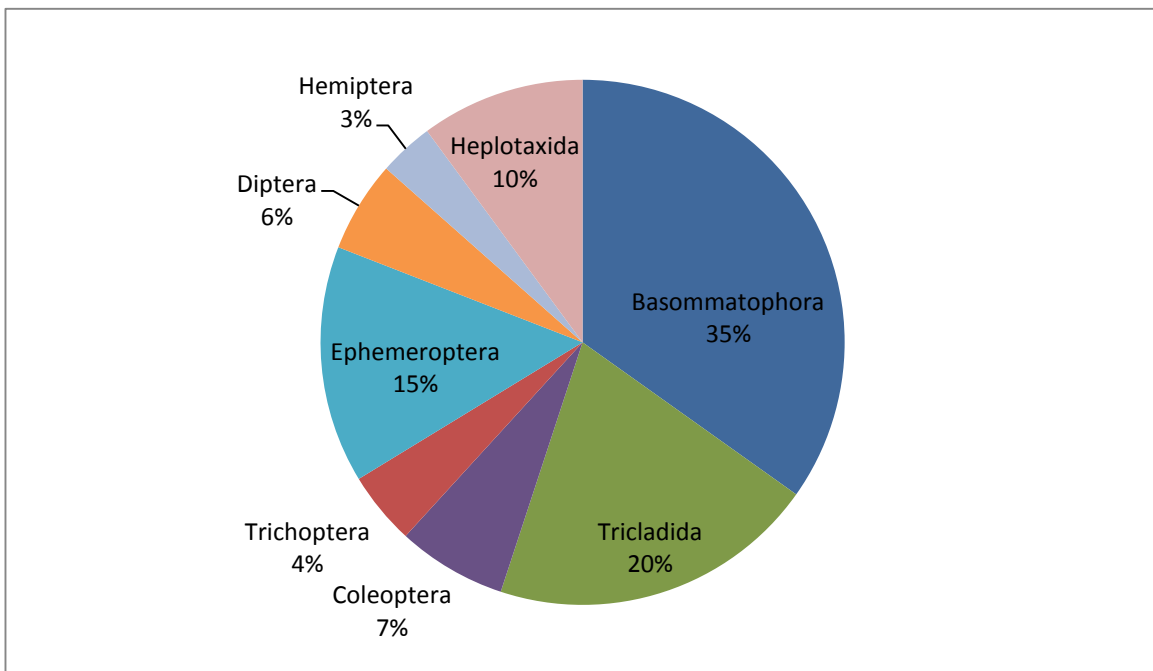


Grafico 12. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte alta monitoreo 2



En la parte alta del segundo monitoreo los órdenes que mayor abundancia presentaron fueron el Basommatophora con un 35%, Tricladida 20% y Ephemeroptera con 15% del total de individuos colectados. Mientras que los órdenes con menor abundancia fueron

Heplotaxida 10%, Coleóptera 7%, Díptera 6%, Trichoptera 4% y por último el orden Hemiptera registro un 3% de macroinvertebrados recolectados (gráfico 11).

Con base en las familias encontradas, la familia planaridae mostró una mayor abundancia con 15 individuos, la familia Baetidae mostro una abundancia de 12 individuos, seguido de las familias Lymnaeidae, Lumbriculidae y tubificidae con 3 individuos, la Philopotamidae con 2 individuos, y la Hydroptilidae con un solo ejemplar, con un total de 39 individuos recolectados en parte media (ver tabla 15, graficas 13 y 14).

Tabla 15 Macroinvertebrados recolectados en la parte media monitoreo 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	3
Artropoda	Insecta	Tricladida	Planaridae	Dugesia	15
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	12
		Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	2
			Hydroptilidae	Ochotrichia	1
Annelida	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	3
		Haplotaxida	tubificidae	Tubifex	3
Total Individuos Colectados					39

Grafico 13. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte media monitoreo 2

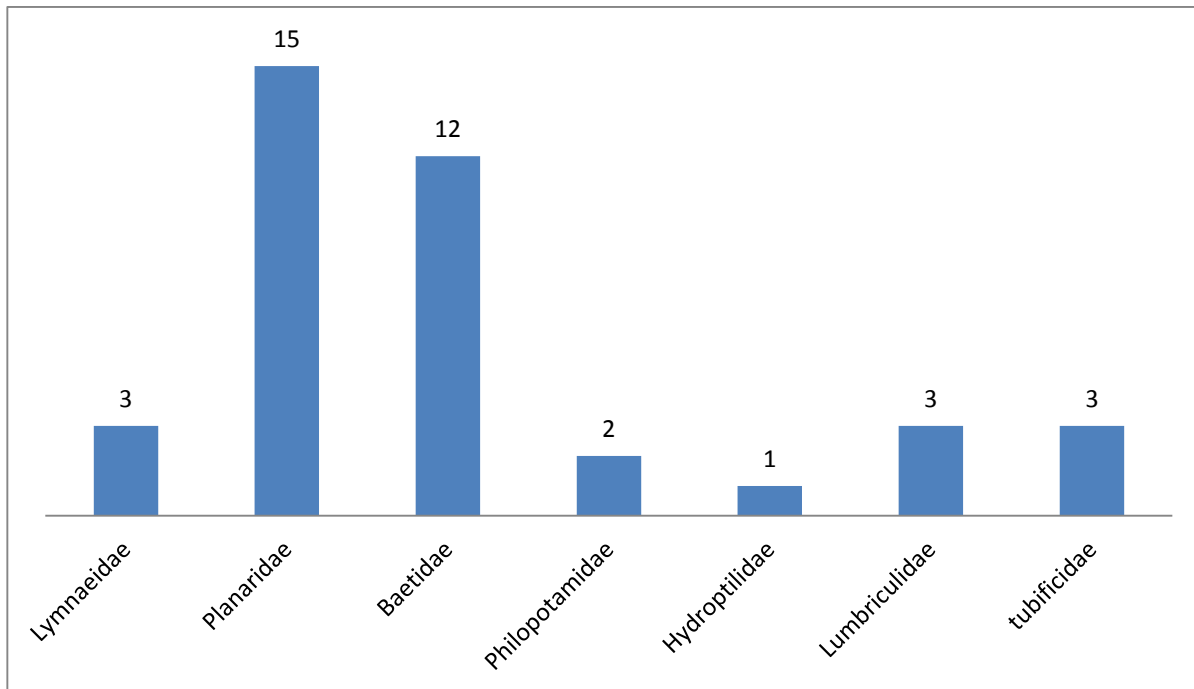
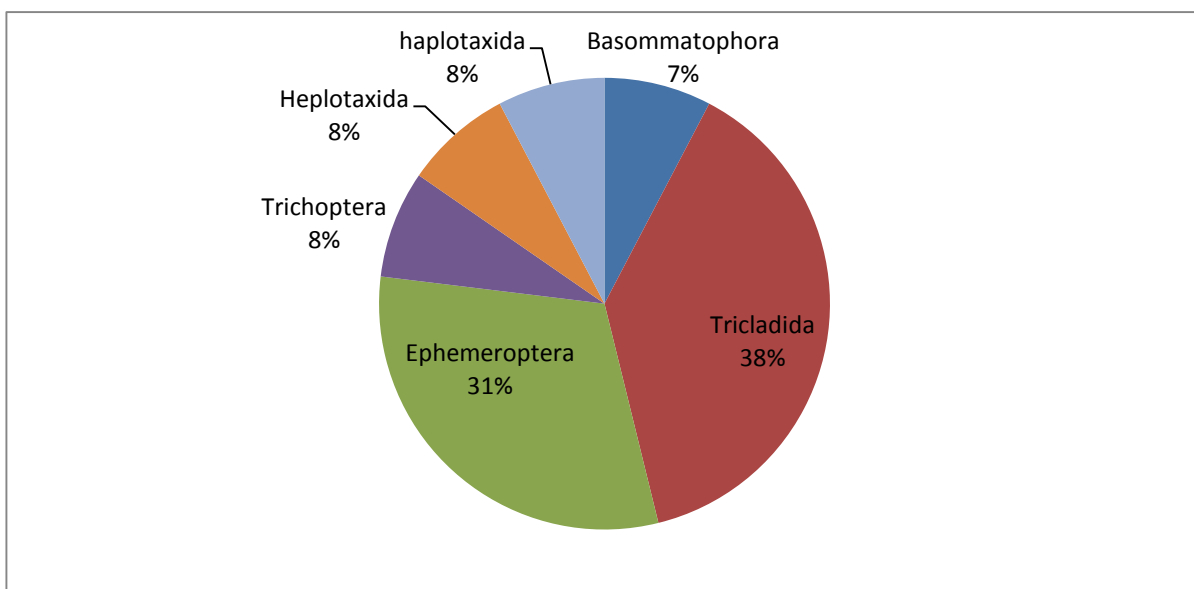


Grafico 14. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte media monitoreo 2



En la parte Media del segundo monitoreo el orden que mayor abundancia presento fue el Tricladida con un 38%, seguido del Ephemeroptera con 31%, los órdenes Trichoptera, Heplotaxida y Haplotaxida registraron un 8% y por último el Basommatophora con un 7% del total de macroinvertebrados recolectados (ver gráfico 14).

En base a las familias encontradas, las familia tubificidae y Lymnaeidae mostraron una mayor abundancia con 13 individuos cada una, seguido de la familia Planaridae con una abundancia de 11 individuos, la familia Hydrobiosidae mostro una abundancia de 9 individuos, seguida de la familia Baetidae con 8 individuos, la familia Lumbriculidae con 2 individuos, y la familia Glossiphoniidae con un solo individuo, para un total de 57 individuos recolectados en la parte baja (tabla 16, graficas 15 y 16).

Tabla 16. Macroinvertebrados recolectados en la parte baja monitoreo 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Individuos
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	13
Artrópoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	8
		Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	9
		Tricladida	Planaridae	Dugesia	11
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae		1
	oligochaeta	Heplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculus v.	2
		Haplotaxida	tubificidae	tubifex	13
Total Individuos Colectados					57

En la parte Baja del segundo monitoreo los órdenes que mayor riqueza mostraron fueron la Heplotaxida y la Basommatophora con un 23%, Tricladida 19%, Trichoptera 25% y Ephemeroptera con un 14% del total de macroinvertebrados recolectados. Entretanto los órdenes con menor abundancia fueron Heplotaxida 3% y Glossiphoniiforme con un 2% del total de macroinvertebrados recolectados (ver gráfico 16).

Grafico 15. Macroinvertebrados por familia encontrados en la parte baja monitoreo 2

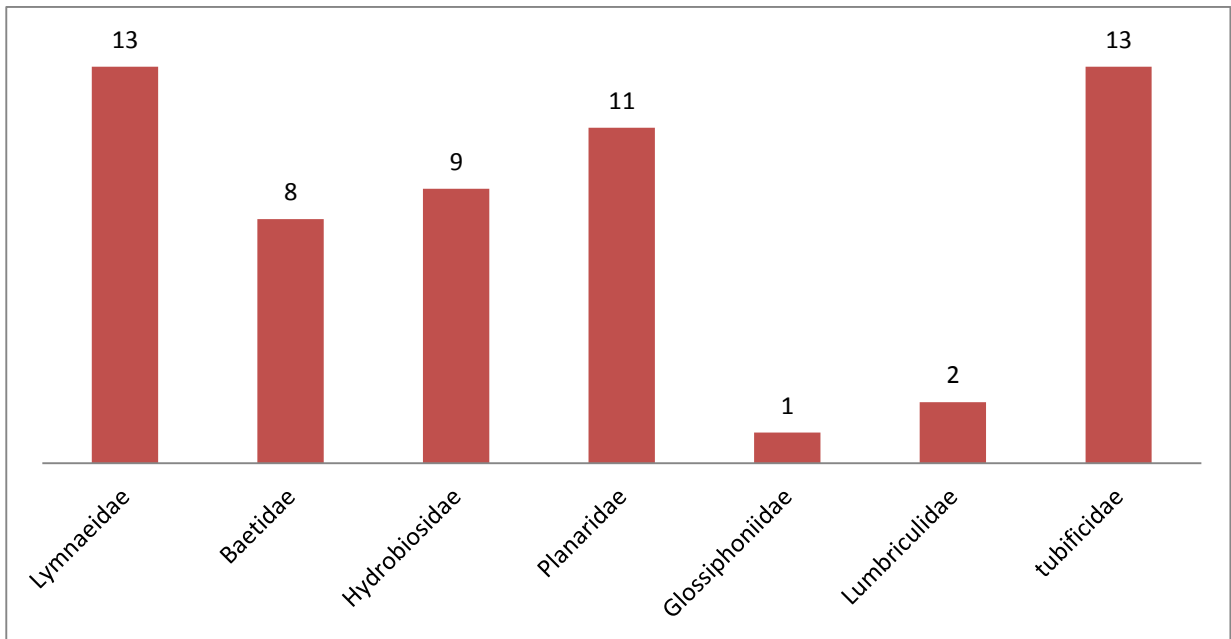


Grafico 16. Macroinvertebrados por orden encontrados en la parte baja monitoreo 2

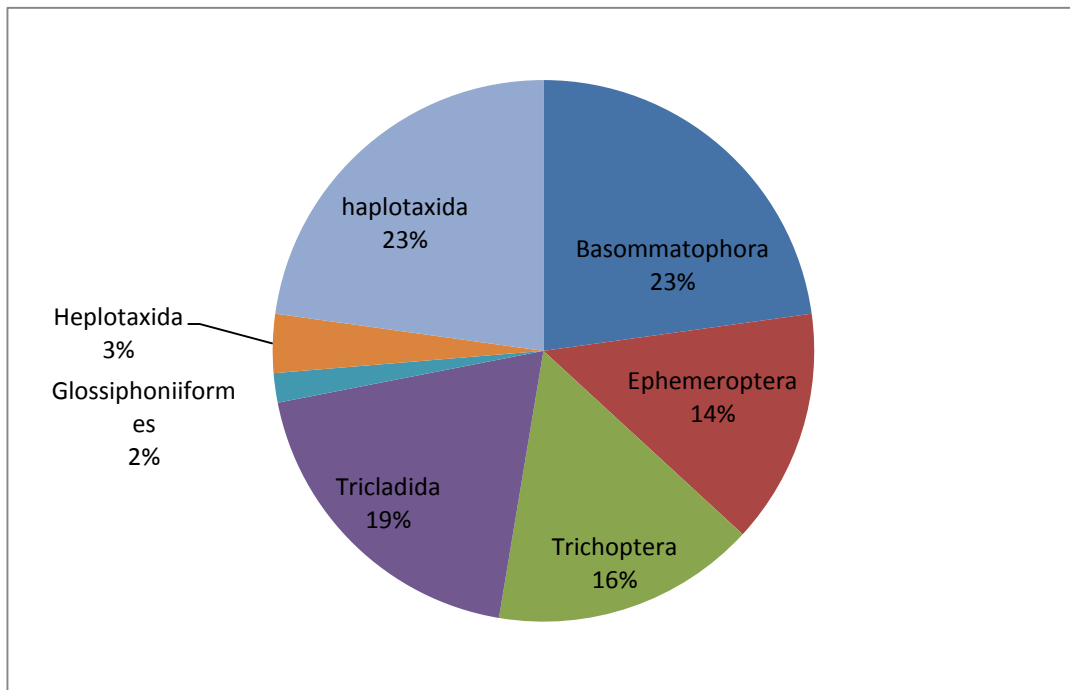


Tabla 17. Relación de macroinvertebrados identificados en la parte alta media y baja en el monitoreo numero 1

ORDEN	FAMILIA	P.ALTA	P.MEDIA	P.BAJA
Basommatophora	Lymnaeidae	X	X	X
	Hydrobiidae	X		
	Planorbidae	X		
Tricladida	planaridae	X	X	X
Coleoptera	Elmidae	X		
Trichoptera	Helicopsychidae	X	X	
	Hydropsychidae	X		
	Hydroptlidae	X		
Hemiptera	Gerridae	X		
	Veliidae	X		
Ephemeroptera	Baetidae		X	
Heplotaxida	Lumbriculidae	X	X	X
Haplotaxida	Tubificidae		X	X
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae			X
TOTAL FAMILIAS		11	6	5

Tabla 18. Relación de macroinvertebrados identificados en la parte alta media y baja en el monitoreo numero 2

ORDEN	FAMILIA	P.ALTA	P.MEDIA	P.BAJA
Basommatophora	Lymnaeidae	X	X	X
	Planorbidae	X		
Tricladida	Planaridae	X	X	X
Coleoptera	Dryopidae	X		
	Ptilodactylidae	X		
	Elmidae	X		
Trichoptera	Helicopsychidae	X		
	Hydrobiosidae			X
	Odontoceridae	X		
	Philopotamidae		X	
	Hydropsychidae	X		
	Hydroptilidae		X	
Díptera	Simuliidae	X		
Hemiptera	Veliidae	X		
Ephemeroptera	Baetidae	X	X	X
Heplotaxida	Lumbriculidae	X	X	X
Haplotaxida	Tubificidae		X	X
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae			X
TOTAL FAMILIAS		13	7	7

7.6 INDICES BMWP/COL. Y EPT

Se presentan los resultados obtenidos por medio del cálculo BMWP/COL en los monitoreos 1 y 2

7.6.1 MUESTREO 1

PARTE ALTA, QUEBRADA LA TORURA

Tabla 19.Índice BMWP/COL parte alta monitoreo 1

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Hydrobiidae	7
Planorbidae	7
Planaridae	6
Elmidae	7
Helicopsychidae	8
Hydropsychidae	8
Hydroptilidae	10
Gerridae	8
Veliidae	8
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	73
SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas medianamente contaminadas	ACEPTABLE

Tabla 20.Índice EPT parte alta monitoreo 1

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	2
	Hydropsychidae	2
	Hydroptilidae	1
Total EPT		5

Total otros ordenes	51
Abundancia total EPT	9.8%
	MALA

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Alta es **Aceptable**, lo que muestra unas **aguas ligeramente contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los altos puntajes de tolerancia de algunas familias como la **Hydroptilidae**, con un puntaje de 10, hallar familias con puntajes altos indica unas condiciones idóneas del agua y bien oxigenadas que favorecen la presencia de la vida acuática.

El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Mala**, esta variación se debe a que en este índice (EPT) sólo se tienen en cuenta los individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, pese a que estos órdenes son los más sensibles a cambios en las condiciones del agua no se toman en cuenta órdenes que presentan familias muy sensibles a la contaminación como la Veliidae y Gerridae, evidenciando un poco vinculo o correlación al índice BMWP/COL.

PARTE MEDIA, QUEBRADA LA TORURA.

Tabla 21.Índice BMWP/COL parte media monitoreo 1

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Planaridae	6
Baetidae	7
Helicopsychidae	8
Tubificidae	1
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	26

SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas muy contaminadas	CRITICA

Tabla 22. Índice EPT parte media monitoreo 1

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	3
EPHEMEROPTERA	Baetidae	1
Total EPT		4
Total otros ordenes		28
Abundancia total EPT		14%
		MALA

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Media es **Critica**, lo que muestra unas **aguas muy contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los puntajes medios de tolerancia de algunas familias como la **Baetidae**, **Helicopsychidae** y **Planaridae**, familias que toleran una contaminación moderada con aguas oligomesotróficas, no se encontraron familias con puntajes de 10, debido a que las condiciones como profundidad, velocidad del cauce y otros elementos, no favorecen su presencia en esta zona. La escasa diversidad de familias se da por el incremento de las velocidades del lecho de La Torura y elementos que componen la quebrada, así como las altas precipitaciones que se presentan provocando un barrido constante de la fuente. El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Mala**, observando pocos individuos de la familia **Helicopsychidae** (3) y **Baetidae** (1) y una ausencia total del orden plecoptera. Evidenciando una correlación al índice **BMWP/COL**.

PARTE BAJA, QUEBRADA LA TORURA.

Tabla 23.Índice BMWP/COL parte baja monitoreo 1

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Planaridae	6
Tubificidae	1
Glossiphoniidae	3
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	14
SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas fuertemente contaminadas	MUY CRITICA

Tabla 24.Índice EPT parte baja monitoreo 1

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
PLECOPTERA	Ninguna	0
TRICHOPTERA	Ninguna	0
EPHEMEROPTERA	Ninguna	0
Total EPT		0
Total otros ordenes		45

Abundancia total EPT	0%
	MALA

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Baja es **Muy Crítica**, lo que muestra unas **aguas fuertemente contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los puntajes bajos de tolerancia de algunas familias como la **Glossiphoniidae**, y **tubificidae**, familias que toleran una contaminación alta ., no se encontraron familias con puntajes de 7-10, debido a que las condiciones no favorecen su presencia en esta zona. La escasa diversidad de familias se da por el incremento de las velocidades del lecho de la Torura y elementos que componen la quebrada, así como las altas precipitaciones que se presentan provocando un barrido constante de la fuente.

El alto grado contaminación en la parte baja se debe a la gran cantidad de materia orgánica depositada aguas arriba, resultado de las diferentes actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura generadas por la comunidad asentada a orillas del cauce

El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Mala**, ningún individuo de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera fue capturado en este punto.

7.6.2 MUESTREO 2

PARTE ALTA, QUEBRADA LA TORURA

Tabla 25. Índice BMWP/COL parte alta monitoreo 2

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Planorbidae	7
Planaridae	6
Dryopidae	8
Ptilodactylidae	10

Elmidae	7
Helicopsychidae	8
Odontoceridae	10
Hydropsychidae	8
Baetidae	8
Simulidae	9
Veliidae	8
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	93
SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas medianamente contaminadas	ACEPTABLE

Tabla 26.Índice EPT parte alta monitoreo 2

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	1
	Odontoceridae	1
	Hydropsychidae	2
EPHEMEROPTERA	Baetidae	13
Total EPT		17
Total otros ordenes		66
Abundancia total EPT		25.8%
		REGULAR

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Alta es **Aceptable**, lo que muestra unas **aguas ligeramente contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los altos puntajes de tolerancia de algunas familias como la **Ptilodactylidae** y la

Odontoceridae, con un puntaje de 10, hallar familias con puntajes altos indica unas condiciones idóneas del agua y bien oxigenadas que favorecen la presencia de la vida acuática.

El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Regular**, esta variación se debe a que en este índice (EPT) sólo se tienen en cuenta los individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, pese a que estos órdenes son los más sensibles a cambios en las condiciones del agua no se toman en cuenta órdenes que presentan familias muy sensibles a la contaminación como la Veliidae y Gerridae, evidenciando un poco vinculo o correlación al índice BMWP/COL.

PARTE MEDIA, QUEBRADA LA TORURA

Tabla 27.Índice BMWP/COL parte media monitoreo 2

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Planaridae	6
Baetidae	8
Philopotamidae	9
tubificidae	1
Hydroptilidae	10
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	38
SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas contaminadas	DUDOSA

Tabla 28.Índice EPT parte media monitoreo 2

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
TRICHOPTERA	Philopotamidae	2

	Hydroptilidae	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	12
Total EPT		15
Total otros ordenes		24
Abundancia total EPT		62,5%
		BUENA

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Media es **Dudosa**, lo que muestra unas **aguas contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los puntajes medios de tolerancia de algunas familias como la **Baetidae Planaridae y Lymnaeidae**, familias que toleran una contaminación moderada con aguas oligomesotróficas, solo se encontró una familia con puntaje de 10 (**Hydroptilidae**). La escasa diversidad de familias se da por el incremento de las velocidades y la profundidad del lecho de la Torura y elementos que componen la quebrada, así como las altas precipitaciones que se presentan provocando un barrido constante de la fuente. El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Buena**, observando bastantes individuos de la familia Baetidae (12) con respecto al número total de individuos capturados (39), evidenciando una poca correlación al índice BMWP/COL.

PARTE BAJA QUEBRADA LA TORURA

De acuerdo al índice **BMWP/COL** la calidad del agua en la parte Baja es **Crítica**, lo que muestra unas **aguas muy contaminadas**, lo cual se puede ver reflejado en los puntajes bajos de tolerancia de algunas familias como la **Glossiphoniidae, y tubificidae**, familias que toleran una contaminación alta, no se encontraron familias con puntajes de 10, debido a que las condiciones no favorecen su presencia en esta zona. La escasa diversidad de familias se da por el incremento de las velocidades y la profundidad del lecho de la Torura y elementos que componen la quebrada, así como las altas precipitaciones que se presentan provocando un barrido constante de la fuente.

El alto grado contaminación en la parte baja se debe a la gran cantidad de materia orgánica depositada aguas arriba, resultado de las diferentes actividades antrópicas como la ganadería, la agricultura y la industria generadas por la comunidad asentada a orillas del cauce.

El índice **EPT** indicó una calidad del agua **Regular**.

Tabla 29.Índice BMWP/COL parte baja monitoreo 2

FAMILIA	PUNTAJE TOLERANCIA
Lymnaeidae	4
Baetidae	8
Hydrobiosidae	9
Planaridae	6
Glossiphoniidae	3
tubificidae	1
TOTAL PUNTAJE BMWP COL	31
SIGNIFICADO	CALIDAD
Aguas muy contaminadas	CRITICA

Tabla 30.Índice EPT parte baja monitoreo 2

ORDEN	FAMILIA	NUMERO INDIVIDUOS
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	9
EPHEMEROPTERA	Baetidae	8
Total EPT		17
Total otros ordenes		40
Abundancia total EPT		42,5%

	REGULAR
--	----------------

Tabla 31. Relación entre los índices Biológicos de calidad del Agua BMWP/COL, ETP.
Durante el monitoreo 1 y 2

ÍNDICE	MONITOREO 1			MONITOREO 2		
	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA
BMWP	73	26	14	93	38	31
	Aceptable	Critica	Muy critica	Aceptable	Dudosa	Critica
EPT (%)	9,80%	14%	0%	25,80%	62,50%	42,50%
	Mala	Mala	Mala	Regular	Buena	Regular

Tabla 32. Resultados promedio puntos de monitoreo índice BMWP/COL

PARTE ALTA BMWP		
Monitoreo 1	73	83
Monitoreo 2	93	Calidad
Promedio	83	Aceptable
PARTE MEDIA BMWP		
Monitoreo 1	26	32
Monitoreo 2	38	Calidad
Promedio	32	Critica
PARTE BAJA BMWP		
Monitoreo 1	14	22,5
Monitoreo 2	31	Calidad
Promedio	22,5	Critica

Tabla 33. Resultados promedio puntos de monitoreo índice EPT

PARTE ALTA EPT		
Monitoreo 1	9,8	17,80%

Monitoreo 2	25,8	Calidad
Promedio	17,8	Mala
PARTE MEDIA EPT		
Monitoreo 1	14	38,25%
Monitoreo 2	62,5	Calidad
Promedio	38,25	Regular
PARTE BAJA EPT		
Monitoreo 1	0	21,25%
Monitoreo 2	42,5	Calidad
Promedio	21,25	Mala

6.7 Descripción de los macroinvertebrados encontrados

Baetidae: las ninfas miden entre 4.5 y 8.0 mm, se reconocen fácilmente por sus cuerpos delgados, presentan ocelos laterales posteriores a los extremos de las ramas laterales de la sutura epicranial, con antenas generalmente largas, dos o más veces el ancho de la cabeza, presenta branquias en los segmentos abdominales 1-5, 1-7, o 2-7, las cuales son ovaladas o acorazonadas, pero a menudo son láminas sencillas (Roldán, 1988), tienen cuerpos modificados para nadar o arrastrarse, son abundantes en la mayoría de las quebradas y ríos no contaminados, la mayoría son filtradores, algunos fitófagos y otros omnívoros, las ninfas son apetecidas por los peces (McCafferty, 1998).

Hydropsychidae: Las larvas de esta familia poseen todos los segmentos torácicos dorsales esclerotizados, poseen branquias abdominales y torácicas, y la cabeza es más o menos aplanada dorsoventralmente. Externo de los segmentos 8 y 9 con áreas esclerotizadas. (Angrisano, 1998). Poseen gran cantidad de setas a cada lado del labrum, en los escleritos. Su cuerpo es frecuentemente arqueado en forma de C (Wiggins, 1996). Esta familia se caracteriza por no formar verdaderos estuches o refugios móviles, aunque las larvas pueden estar más o menos envueltas de seda, entre piedras y construir redes relativamente grandes (Guevara, 2004).

Gerridae: los adultos generalmente miden de 3 a 20 mm. Están especializados para vivir sobre la superficie del agua, aprovechando la tensión superficial de la misma, formando parte del Neuston, habitan prácticamente cualquier cuerpo de agua, desde aguas rápidas; lóaticas, hasta aguas estancadas; lénticas (Aristizabal, 2002). Obtienen su alimento depredando pequeños crustáceos e insectos atrapados en la película superficial del agua (McCafferty, 1998).

Tubificidae: los tubificidos son los gusanos acuáticos más conocidos; poseen cuerpo delgado y color rojizo, son de tamaño pequeño o mediano en relación con otros grupos de oligoquetos: tienen quetas dorsales en el cuerpo desde el quinto segmento anterior, pueden tener una especie de probóscide en la cabeza, pero no poseen ojos. Su coloración se debe a la presencia de pigmentos respiratorios, lo que les permite vivir en condiciones de falta de oxígeno en sedimentos muy contaminados.(Álvarez, 2005)

Planaridae: Los dugésidos se conocen normalmente con el nombre de planarias. Se pueden distinguir porque su cuerpo es aplanado, la cabeza es triangular y Tienen ojos relativamente grandes en la parte dorsal de la cabeza.(Álvarez, 2005)

Viven en aguas poco profundas, tanto correntosas como estancadas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, son fuente de alimento para ninfas de odonatos y otros insectos acuáticos (Roldán 1996).

Hydrobiosidae: Las larvas tienen la boca dirigida hacia delante (prognata), solo poseen el pronoto esclerotizado. El mesonoto y el metanoto son totalmente membranosos. Patas anteriores queladas (la uña formada por una expansión ventral del fémur se opone a la tibia y a los tarsos, formando una pinza), utilizadas para capturar presas, y pseudopatas anales largas, caminadoras (Roldan, 1988; Angrisano, 1998). Esclerito de color oscuro en la parte dorsal del noveno segmento abdominal (Guevara, 2004).

Helicopsychidae: Construye un capullo en espiral portátil de diferentes materiales, formas y tamaños que semeja la concha de un caracol, la cual se adhiere a rocas, piedras o troncos. En el pronoto y mesonoto poseen placas bien desarrolladas y

esclerotizadas y la uña anal posee una hilera de dientes en forma de peine. No presenta saliente dorsal muy notoria sobre el primer segmento abdominal (Roldán, 1988). Aspectos ecológicos. Se les encuentra en aguas de poca corriente y litoral de remansos y lagos; adheridas a sustratos pedregosos (Roldán, 1992).

Simuliidae: Su tamaño varía entre 1 a 10mm, la coloración es beige, amarilla, verde y café, cápsula cefálica bien formada, en la que se ubican una serie de apéndices que forman una estructura similar a un abanico filtrador. (Sánchez, 2004). El abdomen presenta sus segmentos anteriores delgados y hacia su parte terminal más ensanchados, con la presencia característica de un anillo de hileras de ganchos en la parte terminal del cuerpo (Coscarón 2007) Presentan una propata torácica y en el último segmento abdominal un disco anal para adherirse al sustrato (Sánchez, 2004). Generalmente escogen sitios con flujos de agua continuo y rápido; se ubican cerca de la superficie donde existe mayor concentración de oxígeno sobre hojas o ramas o bien sustratos pedregosos libres de algas y fango que permiten su fijación, no se les encuentra sobre limo, ni tampoco cuando hay muchas algas unicelulares. Se encuentran con mayor frecuencia en aguas corrientosas, también en pequeños riachuelos naturales y artificiales. Son considerados indicadores de aguas oligotrófica (Coscaron, 2007; Roldán, 1996).

Dryopidae: Los adultos presentan el cuerpo endurecido, miden de 4,0–6,0 mm. Son de forma oval-elongados; el cuerpo generalmente es de color oscuro, ojos simples, los élitros cubren la totalidad del abdomen; antenas cortas pectinadas, es decir con forma de abanico; patas con 6 segmentos, incluyendo la uña como un segmento más. Tarsos con 5 tarsomeros; es decir formula tarsal 5-5-5 (Merritt y Cummins, 1984). Dentro de la familia; existe un gran número de especies asociadas a ambientes acuáticos. En este grupo hay especies totalmente terrestres, otros son semiacuáticos; es decir, solo el estado larval o el adulto es acuático; mientras que otras especies son completamente acuáticas, tanto el estado larval como adulto (Merritt y Cummins, 1984). Las especies acuáticas se encuentran en ecosistemas de aguas fluidas (ríos, arroyos y quebradas). Allí viven en rocas y troncos poco sumergidos, y otros se encuentran en las márgenes de arroyos. Las larvas son por lo general herbívoras (Roldán, 1988).

Vellidae: El cuerpo es corto y robusto, el fémur posterior no se extienden más allá del ápice del abdomen, poseen uñas preapicales, en el tarso se observan 3 segmentos. Sus antenas están compuestas por 5 segmentos y el dorso de la cabeza generalmente tiene un pequeño canal longitudinal. Habitan en aguas lóaticas y lénticas, remansos de corrientes entre la vegetación emergente y algunos viven aguas salobres, son patinadores y se consideran indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán 2003).

8 CONCLUSIONES

Después de hacer un análisis de todos los datos obtenidos y recolectados el índice biológico **BMWP** en la parte alta de quebrada La Torura del Municipio de Entreríos, ubicada en la vereda del mismo nombre presenta una calidad **Aceptable** del agua, lo que relaciona las condiciones ecológicas del lugar, ya que tiene unas características de quebrada de montaña con pendientes pronunciadas, con una densidad poblacional casi nula y una poca intervención antrópica, la corriente está compuesta de arbustos y árboles de gran tamaño, el lecho es rocoso y sus laderas están compuestas de rastrojo alto, en este sitio se encuentran macroinvertebrados que se asocian a aguas limpias como lo es la familia **Hydroptilidae, Ptilodactylidae y Odontoceridae**.

Mientras que la parte media y parte baja los resultados arrojan una calidad del agua **crítica y muy crítica**, este notable deterioro se produce debido a las actividades antrópicas como lo son la ganadería extensiva, los monocultivos, la industria y los vertimientos generados por la comunidad a la fuente hídrica, los potreros para la ganadería al margen de la quebrada sobresalen, en casi el todo el recorrido de su cauce principal, si realizamos una comparación entre los índices biológicos calculados, y el índice de calidad de agua (ICA, PARA LA PARTE BAJA) se podría hablar de una calidad del agua aceptable para la parte alta, una calidad crítica en la parte media y una calidad mala o muy crítica para la parte baja.

El índice biológico **EPT** no es posible compararlo con el índice biológico **BMWP** descrito anteriormente por que este índice está directamente relacionado con la sensibilidad de los individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, el resultado del índice biológico **EPT** ayudo a determinar que en los tres puntos de monitoreo se presentan impactos de origen antrópico que afectaron las comunidades de las familias de estos ordenes, principalmente la familia Plecoptera de la cual no se recolecto ningun individuo, por tal motivo la calidad del agua de la quebrada La Torura presenta un impacto significativo por lo que el número de familias de los órdenes **EPT** es bastante reducido.

Los datos obtenidos en campo nos indican que los parámetros, de oxígeno disuelto (OD), pH y temperatura nos muestran que para la parte alta, media y baja indican una calidad de agua buena, arrojando como resultados unos valor ideales para soportar una diversidad de vida acuática de ahí se explica la presencia de individuos macroinvertebrados y de peces especie sabaleta *Brycon henni* en la parte media y baja de la fuente.

Las variaciones del caudal en la fuente hídrica afectan directamente a las familias de macroinvertebrados, es claro que en el monitoreo numero 1 las precipitaciones que se presentaron en la zona se reflejaron en el incremento del caudal en la quebrada La Torura, lo que ocasiono un arrastre aguas abajo de los macroinvertebrados, por tal motivo la cantidad de individuos recolectados se ve condicionado por las precipitaciones que se presentaron en la zona de estudio.

9 .RECOMENDACIONES

- Es importante que los monitoreos fisicoquímicos de las aguas superficiales sean acompañados, con los monitoreos biológicos, ya que por medio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticas se pueden registrar cambios en el hábitat.
- Se recomienda realizar un estudio de macroinvertebrados en la quebrada La Torura periódicamente, para poder conocer como varían las condiciones climáticas, y como afectan estas las comunidades de macroinvertebrados,
- Se recomienda la utilización de conductos hacia el alcantarillado por parte de algunos habitantes del casco urbano del Municipio de Entrerrios que hacen una descarga directa a la quebrada la torura con el fin de disminuir el impacto causado a la fuente.
- Realizar un censo de las industrias del municipio, como son las fábricas de curtiembres y velas, e implementar planes de mitigación de impacto ambiental, generado por estas actividades a las fuentes hídricas, que no solo afectan las condiciones fisicoquímicas del aguas, sino que también afecta las comunidades biológicas que se desarrollan en la cuenca.
- Por otra parte, se le recomienda a los entes gubernamentales del Municipio de Entrerrios, establecer un control para el manejo de las descargas directas a la quebrada la Torura, del sector agropecuario, para la preservación de la fuente.
- Es importante realizar un comparativo de los actuales usos del suelo, con respecto al EOT, ya que zonas de protección podrían estar siendo utilizadas para actividades como ganadería y agricultura generando un impacto negativo al medio ambiente y a las fuentes hídricas del municipio, que son de vital importancia, ya que son tributarias de Rio Grande y este surte de agua potable a gran parte del Valle de Aburrá.

- Realizar un control a la explotación de trucha en el municipio, ya que para esto se modifican las condiciones de la cuenca, afectando las comunidades de macroinvertebrados.

REFERENCIAS

- Álvarez Arango, Luisa Fernanda. Metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos - Medellín Instituto Alexander von Humboldt 2005 - 143 p.
- Angrisano, E.B. Los estados inmaduros de Neoatopsyche (Trichoptera: Hydrobiosidae). Revista Socio Entomológica argentina., Buenos Aires 57: 121-125, f. 1-15. - - 1998
- BS (Annual book of Standards). 1994. American Society for testing and Materials. Determinación de pH en el agua. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.
- Alba-Tercedor J., y Sánchez-Ortega A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978). Limnetica no. 4: 51-56.
- Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería no. 2: 203-213.
- Alcaldía municipal de Entreríos; Universidad de Medellín. Esquema de ordenamiento territorial municipio de Entreríos. Medellín. 2000, 2003, 2007.
- Alonso A. y Camargo J.A. 2005. Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. Journal of Freshwater Ecology no. 20: 311-320
- Buss, D.; Baptista, D.; Nessimian, J.; Egler, M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in Neotropical streams. Hydrobiologia 518: 179-188.
- Buss, D. F.; Baptista D. F.; Silveira, M. P.; Nessimian J. L.; Dorvillé, L. F. M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. Hydrobiologia 481: 125-136.
- Chapman, D. 1996. Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman Hill. London. 626 p.

- Coscarón, S. & Cascarón Arias, C.L. (2007). Neotropical Simuliidae: Díptera, Insecta (Vol. 3): Pensoft Pub.
- Crites, Tchobanoglous, G. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw Hill Interamericana, S.A. Colombia. 739p.
- Guevara, G. 2004. Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del Río Coello departamento del Tolima. Trabajo de grado (M.Sc.). Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Ibagué. 195p.
- Hilsenhoff W. 1988. Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. Journal of the North American Benthological Society no. 7: 65- 68 IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). Adscrito al Ministerio de Ambiente. 2001. Temperatura, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental. Consultado el 10 de septiembre de 2016. (en línea). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>
- Klemm, D. J., Lewis P. A., Fulk F. y La-Zorchak J. M. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/600/4-90/030. U S. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring Systems Laborato y, Cincinnati, Ohio 45268.
- Lenntech. 2007,. Nitritos y Nitratos. (en línea). Consultado el 19 de septiembre. 2016. Disponible en: <http://www.lenntech.com/espanol>
- Leiva M. 2004 Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucania. Universidad Católica de Temuco, Facultad de ciencias. Temuco. 111p.
- Marín Pérez, Elpidio Antonio. Manejo Y Recuperación De Cuencas Hidrográficas. Medellín: Tecnológico de Antioquia, 2005. 95 p. ISBN: 9789589799123
- McCafferty, W. P. Aquatic Entomology. The Fishermen's and ecologists` illustrated guide to insects and their relatives. Science Books

International, Boston. MA, 1981. 448 p.

- MERRITT, R. W., AND K. W. CUMMINS. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Second ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 722 pp.
- Montoya Rendón Andrés Felipe; Tecnológico de Antioquia. Determinación de las condiciones de calidad y cantidad (físicoquímicas y microbiológicas) de las aguas superficiales abastecedoras y receptoras de vertimientos en las cuencas del área de influencia del sector eléctrico y calcular el ICA (Índice de Calidad Ambiental) para cada una de ellas. CORANTIOQUIA, 2011.
- Universidad de Pamplona, Pamplona, U. d. (s.f.). Indices de Calidad (Icas) y de Contaminación (Icos). En Icos e Icas de importancia mundial del de Importancia mundial (págs. 44,45,46).
- Organización Internacional de Normalización, 1979: Liquid Flow Measurement in Open Channels: Velocity-area Methods. Segunda edición, ISO 748, Ginebra.
- Ott, W. (1978). Environmental Indices: Theory and Practice, Ann Arbor, MI (USA). *Science Publisher Inc.*, 212.
- Roldan, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogotá, Colombia. 216 p.
- Roldan Pérez, G.: Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Academia Colombiana de Ciencia*.23 (88): 375-387. 1999. ISSN 0370-3908.
- ROLDAN, G. Fundamentos de Limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 1992. p. 529.
- ROLDAN, P. G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá (Colombia): Fondo FEN Colombia, 1996. 1-95.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.
- Rueda, J., Camacho, A., Mezquita, F., Hernández, R. y Roca, J. R. 2002. Effect of episodic and regular sewage discharges on the water chemistry and

macroinvertebrates fauna of a Mediterranean stream. *Water, Air, and Soil Pollution* 140: 425-444.

- Rosenberg, D.M. y Resh V.H. (eds.). 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman y Hall, Nueva York. 488 p.
- SÁNCHEZ, M. 2004. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua del río Pamplonita zona media. VI seminario Colombiano de Limnología. 115p.
- Stevens institute of technology, 2006. Oxígeno disuelto en sistemas acuáticos. Consultado el 8 de septiembre de 2016 (en línea). Disponible en: <http://www.k12science.org/>
- Vázquez G., Castro G., González I., Pérez R. y Castro T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. 7 p.
- Wiggins, G. B. 1996. Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera), 2nd ed. University of Toronto Press, Toronto Canadá. 457 pp.
- ZAMORA, G. H. 1999. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. *Revista Unicauca* 4: 47-60.

ANEXOS



ORDEN: Coleoptera., **Familia:** Elmidae.

Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entreríos - Antioquia Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria



ORDEN: Hemiptera., **Familia:** Vellidae



ORDEN: Trichoptera., **Familia:** Hydrobiosidae.



ORDEN: Ephemeroptera., **Familia:** Baetidae.



ORDEN: Tricladida., **Familia:** Dugesia.



ORDEN: Trichoptera., **Familia:** Hydrobiosidae.



ORDEN: Díptera., **Familia:** Simuliidae.



ORDEN: Haplotaxida., **Familia:** Tubificidae.



Peces : sabaleta

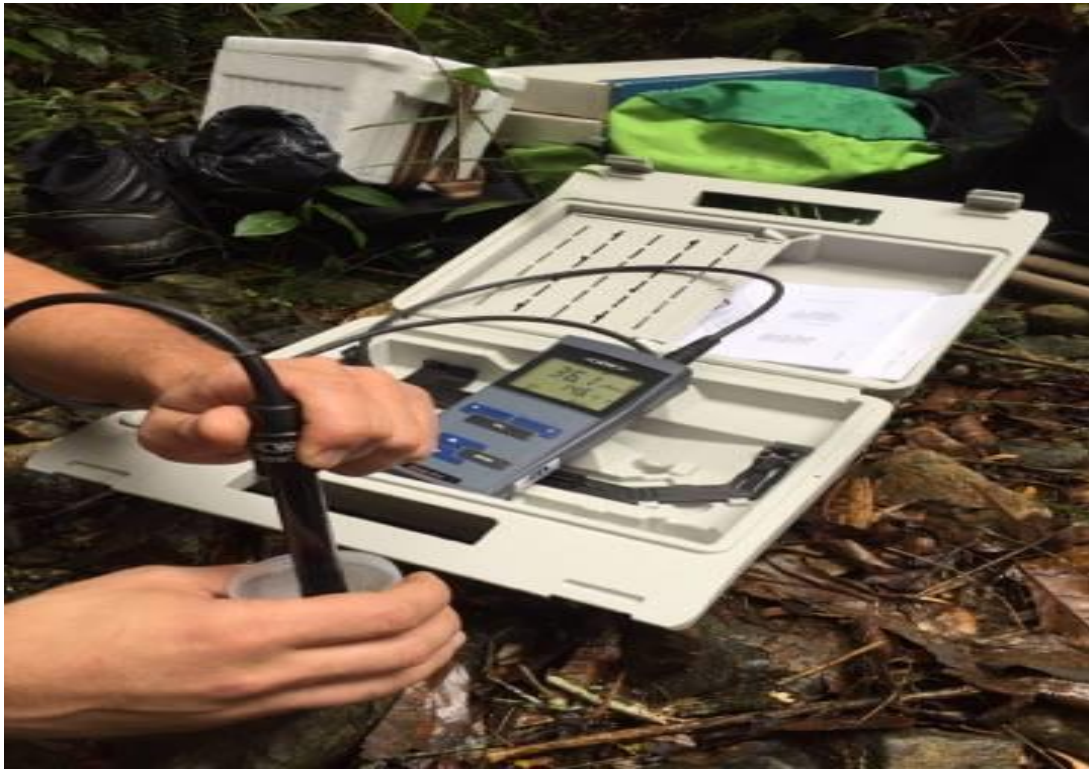


ORDEN: Glossiphoniiforme., Familia: Glossiphoniidae.



Hojarasca recolectada para la búsqueda de individuos parte alta

*Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entrerriós - Antioquia
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria*



Toma de parametros in situ : conductividad



Colección de macroinvertebrados red de pantalla.

*Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entreríos - Antioquia
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria*



Aforo y Medición de caudal parte Alta



Inundaciones presentadas durante las fechas estipuladas para el tercer monitoreo

*Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta media y baja de la quebrada La Torura, Entreríos - Antioquia
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria*



Inundaciones presentadas durante las fechas estipuladas para el tercer monitoreo