

**CALIDAD BIOLÓGICA, CON BASE EN LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y FISICOQUÍMICA DEL RÍO TIMBÍO
(DEPARTAMENTO DEL CAUCA)**

PIEDAD HELENA SOLANO ALEGRIA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2007**

**CALIDAD BIOLÓGICA, CON BASE EN LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y FISICOQUÍMICA DEL RÍO TIMBÍO
(DEPARTAMENTO DEL CAUCA)**

PIEDAD HELENA SOLANO ALEGRIA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Bióloga

Director

Mg. HILLDIER ZAMORA GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN**

2007

Nota de Aceptación

Mg. Hildier Zamora Gonzáles
Director de Trabajo de Grado

Mg. Camilo Andrade
Jurado de Trabajo de Grado

Mg. José Beltrán Vidal
Jurado de Trabajo de Grado

Fecha de sustentación: _____

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCION	10
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2. MARCO TEORICO	13
2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS ECOSISTEMAS LÓTICOS	13
2.1.1 Hidrología	13
2.1.2 Sustrato	13
2.1.3 Cambios sucesionales a lo largo de los ríos	13
2.2 GENERALIDADES SOBRE CALIDAD DEL AGUA	14
2.3 GENERALIDADES SOBRE CALIDAD BIOLOGICA	15
2.4 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS	17

3. ANTECEDENTES	23
4. MATERIALES Y METODOS	26
4.1 METODOS DE CAMPO	26
4.1.1 Estaciones de muestreo	26
4.1.2 Descripción del área de muestreo	27
4.1.3 Evaluación del estado del hábitat en el ambiente acuático	31
4.1.4 Determinación de parámetros fisicoquímicos	32
4.1.5 Colecta y transporte de material biológico	32
4.1.6 Tipo de muestreo	33
4.2 METODOS DE LABORATORIO	33
4.3 INDICES DE EVALUACION BIOLOGICA	34
4.3.1 Índice de calidad BMWP	34
4.3.2 Índice de diversidad Shannon Weiner	37
4.3.3 Índice de dominancia	37
4.3.4 Tratamiento de datos	38
5. RESULTADOS Y DISCUSION	39
5.1 EVALUACION DEL ESTADO DEL HABITAT ACUATICO	39
5.1.1 Estación uno: Bocatoma, Quebrada El Salado	39
5.1.2 Estación dos: Río Timbío, antes de la influencia espacial urbana	42
5.1.3 Estación tres: Río Timbío, en la influencia espacial urbana	46
5.2 PARAMETROS FISICOQUIMICOS HIDRICOS	50

5.3 COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS	61
5.3.1 Cambios espaciales en relación con la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos	65
5.3.2 Cambios temporales en relación con la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos	71
5.3.3 Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales del Río Timbío	74
5.3.4 Análisis de dominancia	78
5.3.5 Análisis de diversidad	79
5.3.6 Carácter bioindicador de los macroinvertebrados del Río Timbío con base en el índice de monitoreo biológico BMWP	80
6. CONCLUSIONES	86
7. RECOMENDACIONES	89
8. BIBLIOGRAFIA	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Variables fisicoquímicas medidas en cada muestreo.	32
Tabla 2. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP- adaptado para Colombia.	34
Tabla 3. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.	36
Tabla 4. Información general. Estación uno.	39
Tabla 5. Características del cauce. Estación uno.	40
Tabla 6. Información general. Estación dos.	42
Tabla 7. Características del cauce. Estación dos.	44
Tabla 8. Información general. Estación tres.	46
Tabla 9. Características del cauce. Estación tres.	47
Tabla 10. Valores y promedio de los parámetros fisicoquímicos en las zonas de muestreo del Río Timbío. (a) Zona 1, (b) Zona 2 y (c) Zona 3.	50

Tabla 11. Descripción taxonómica y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las estaciones 1, 2 y 3 del Río Timbío.	61
Tabla 12. Relación entre el número de individuos (ni) por familia de macroinvertebrados acuáticos y los niveles de precipitación en el Río Timbío.	72
Tabla 13. Relación entre el número de individuos (ni) por familia de macroinvertebrados acuáticos y los cuatro tipos de habitats muestreados en el Río Timbío.	76
Tabla 14. Resumen integral de los índices aplicados por estaciones de muestreo.	78
Tabla 15. Puntuación del índice BMWP para las familias encontradas en las estaciones uno, dos y tres del Río Timbío.	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio	28
Figura 2. Quebrada El Salado.	39
Figura 3. Río Timbío.	42
Figura 4. Río Timbío	46
Figura 5. Relación de la temperatura ambiental con la temperatura del agua para cada estación y época de muestreo en el Río Timbío.	52
Figura 6. Relación de concentración de oxígeno por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	53
Figura 7. Valores de la concentración de gas carbónico por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	54
Figura 8. Valores de pH por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	55
Figura 9. Valores de alcalinidad por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	56

Figura 10. Valores de dureza por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	56
Figura 11. Valores de turbiedad por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	57
Figura 12. Valores de nitritos por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	59
Figura 13. Valores de amonio por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.	59
Figura 14. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en la Quebrada El Salado.	66
Figura 15. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en la Quebrada El Salado.	66
Figura 16. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío antes de la influencia espacial urbana.	68
Figura 17. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío antes de la influencia espacial urbana	68
Figura 18. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío en la influencia espacial urbana	70
Figura 19. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío en la influencia espacial urbana	70

RESUMEN

El presente trabajo se realizó dentro de un área perteneciente a los Municipios de Sotará y Timbío, durante los meses comprendidos entre junio y noviembre de 2006, con el objetivo de aportar información sobre la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como organismos bioindicadores, que a su vez fue complementada con un monitoreo fisicoquímico, analizado con relación a los meses (épocas de alta y baja precipitación) y estaciones de muestreo.

Se suministra información sobre 5 phylla, 7 clases, 14 órdenes, 49 familias y 72 géneros de macroinvertebrados acuáticos muestreados en una longitud aproximada de 7.87 kilómetros pertenecientes a la subcuenca del Río Timbío. Los especímenes se colectaron en tres estaciones claramente diferenciadas: una con moderada alteración ecológica en la parte alta, otra medianamente alterada antes de ingresar a la zona urbana del Municipio de Timbío y un tramo final dentro de la zona urbana del mismo, presentando una alteración ecológica acentuada; estas últimas dos estaciones pertenecientes a la parte media de la subcuenca.

Se caracteriza y evalúa físicamente cada estación de muestreo, se analizan las posibles asociaciones entre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos capturados con las variables: riqueza, preferencias de hábitat, calidad biológica, parámetros fisicoquímicos del agua; en función del tiempo y del espacio. Este análisis es obtenido con el desarrollo de inferencias descriptivas, para análisis biológicos y fisicoquímicos medidos en las tres estaciones.

Los resultados y análisis del estudio, corroboran la influencia negativa de las actividades antrópicas desarrolladas en el área de estudio, como lo son: la deforestación, técnicas agrícolas y pecuarias, extracción de material de arrastre, vertimientos directos de aguas domésticas y residuales sobre el río, entre otras; que están influyendo en la reducción de la

diversidad y número de individuos, debido a la destrucción y transformación de hábitat en el ecosistema acuático.

Palabras claves: macroinvertebrados acuáticos, parámetros fisicoquímicos, bioindicación, evaluación biológica, calidad biológica, calidad ecológica, calidad de aguas.

INTRODUCCION

El componente agua es una parte del ecosistema acuático en el que se desarrollan una serie de comunidades vivas que dependen de las características físicas y químicas del mismo y pueden verse notablemente modificadas al ser alteradas. La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad del agua son de carácter físico y químico, los cuales no reflejan las posibles alteraciones puntuales que hayan podido suceder en el tiempo y en el espacio. Por este motivo, la vigilancia y control de la contaminación del agua se debe complementar usando sus organismos como bioindicadores (Posada, 1999).

Zamora (2005) sugiere que 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 que son apreciables a simple vista, de fácil captura y a que reflejan las posibles alteraciones existentes en el medio. Por ello, los juicios respecto a la calidad del agua realizados mediante métodos biológicos complementados con el método físico y químico son más confiables.

Atendiendo a dichas investigaciones el presente trabajo ha incluido una determinación en la variación de la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos tanto temporal como espacialmente, frente al impacto representado por las diferentes actividades antropicas, resultando la más representativa el vertimiento de las aguas residuales de la población del Municipio de Timbío sobre el mismo Río, pues los resultados de su calidad han sido catalogados dentro del rango de aguas contaminadas.

Dichas actividades han ocasionado innumerables problemas sobre los cuerpos de agua, alterando su condición natural, estructura, dinámica y equilibrio; acciones que han sido reflejadas sobre la base de sustentación de las actividades económicas y sociales que

presenta el recurso sobre el municipio, como eje articulador y como materia prima básica de diferentes usos sociales del mismo (PBOT, 1999).

El Plan Nacional de Desarrollo 2002 – 2006 “Hacia un Estado Comunitario” en su componente de sostenibilidad ambiental identificó la necesidad de fortalecer las estrategias y acciones para avanzar en la descontaminación hídrica, especialmente las definidas en el CONPES 3177 DE 2002 y el consecuente Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales – PMAR. Lo anterior en razón a que gran parte de la problemática de degradación de los recursos hídricos en el país se relaciona directamente con la débil gestión local en esta materia, que se hace evidente en los deficientes y/o nulos niveles de operación que registra gran parte de la infraestructura instalada.

La degradación del recurso afecta de forma directa la disponibilidad del recurso hídrico para abastecimiento humano, incrementando de forma preocupante los municipios vulnerables a desabastecimiento de agua en términos de su calidad, tal como puede observarse en los índices de escasez definidos por el IDEAM, en el Estudio Nacional de Agua, y los informes anuales del estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente (MINAMBIENTE, 2002).

Es por ello que este estudio se convierte en un aporte importante para dar paso a un plan de gestión ambiental por parte de la Empresa Municipal de Servicios Públicos EMTIMBIO E.S.P, el cual debe estar dentro de sus prioridades a término inmediato, permitiendo que el vertimiento directo de aguas servidas se ajuste a las normas ambientales colombianas reduciendo la contaminación del recurso hídrico.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad biológica y fisicoquímica del Río Timbío, sector comprendido entre la bocatoma y puente panamericano del municipio; mediante la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la determinación de los parámetros fisicoquímicos.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como organismos bioindicadores de la calidad del agua.
- Determinar la calidad del agua, con base en los parámetros fisicoquímicos, en relación con los meses y estaciones de muestreo.
- Relacionar la variación de la composición y la estructura de los macroinvertebrados acuáticos con los cambios de las características fisicoquímicas.
- Corroborar el carácter bioindicador de las familias de macroinvertebrados acuáticos colectadas, en relación con las reportadas por el Índice BMWP adaptado para Colombia.
- Identificar posibles tenses causantes de la contaminación del Río Timbío.

2. MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS ECOSISTEMAS LÓTICOS

Los ríos son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o lóaticas, asociados comúnmente a lugares de erosión, de transporte y de sedimentación de materiales (Roldán, 1992). Forman parte de la dinámica fluvial:

2.1.1 Hidrología. Aspectos tales como flujo de la corriente, velocidad, descarga, transporte de materiales, tipo de cauces y otros, pertenecen a este campo, pero es su dinámica el factor fundamental para el establecimiento de las comunidades biológicas en las corrientes.

2.1.2 Sustrato. El lecho de los ríos esta conformado por distintos tipos de sustrato, que va desde rocas hasta arena muy fina y arcilla. Del tipo de sustrato depende el establecimiento de la flora marginal y fauna béntica específica.

2.1.3 Cambios sucesionales a lo largo de los ríos. Los cambios que se llevan a cabo en las comunidades lóaticas aguas abajo y de manera gradual, desde el nacimiento hasta la desembocadura del río han sido denominados dentro del concepto “río continuo”. Los cambios geomorfológicos sucesivos van siendo acompañados de cambios físicos y químicos del agua, lo que trae como consecuencia el establecimiento de comunidades específicas adaptadas a cada hábitat particular (Roldán, 1992).

2.2 GENERALIDADES SOBRE CALIDAD DEL AGUA

El término calidad en general, se refiere al conjunto de características, cualidades, rasgos distintivos, nivel de excelencia, etc., que presentan los seres o cosas, las cuales permiten de alguna forma evaluarlos. Por eso cuando nos referimos al agua, evaluamos entonces sus características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen fauna y flora en sus componentes micro y macro. Sin embargo, en este caso el concepto se torna complejo y relativo, en el sentido que debe aclararse al hablar de una buena o mala calidad del agua, el objetivo de la evaluación o la utilización final del recurso (Zamora, 2006).

Índices de calidad de aguas naturales. Los índices de diversidad de especies u otros índices biológicos incluyen varios tipos de estimaciones de sensibilidad biológica para ecosistemas acuáticos; dichas estimaciones se centran frecuentemente en la resistencia o sensibilidad de un sistema a diferentes perturbaciones.

Son índices cuyos valores sirven para comparar agrupaciones biológicas de distintas localidades o fases temporales. Además, en el caso de los índices de diversidad y los modelos para explicar la distribución del número de especies en clases de abundancias, la utilización de estas medidas se hace dentro de un contexto funcional. Es decir, se supone que la diversidad o el reparto de los individuos entre las especies es consecuencia, bien de las interacciones ecológicas entre ellos, bien de las relaciones entre estos y su medio ambiente. De este modo, los procesos producen patrones y de la observación de estos últimos pueden derivarse los primeros.

Actualmente el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda y se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental.

La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos habitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo (Moreno, 2001).

2.3 GENERALIDADES SOBRE CALIDAD BIOLÓGICA

Los seres vivos tienen unos requerimientos ecológicos, esto es, un rango de condiciones en el que pueden vivir y una necesidad de determinados recursos. Conociendo los requerimientos de determinados grupos de organismos vivos, la presencia y abundancia de estos seres vivos puede ser utilizada para evaluar el estado ecológico del medio en el que viven. El conocimiento por parte del agente muestreador de los principales grupos de organismos indicadores le permitirá, con una rápida observación, inferir posibles problemas que estén ocurriendo en el río.

No es solo un cambio en la estructura de las comunidades lo que indica una perturbación en el ecosistema, sino también el tipo de organismos encontrados.

En relación con los efectos de la contaminación, un **organismo indicador** es una especie seleccionada por su sensibilidad o tolerancia (más frecuentemente sensibilidad) a los diversos tipos de contaminación y sus efectos.

Puesto que la calidad del agua afecta a las poblaciones de organismos acuáticos, la naturaleza y salud de las comunidades acuáticas son una expresión de la calidad de ese medio.

Entre los métodos biológicos utilizados para evaluar esa calidad, se incluyen la obtención, recuento e identificación de organismos acuáticos así como la toxicidad, bioconcentración y bioacumulación de contaminantes.

La información que se obtiene con este tipo de determinaciones puede servir para:

- Ayudar a la interpretación de los análisis químicos y físicos
- Identificar la naturaleza, alcance y efectos biológicos de la contaminación
- Proporcionar datos sobre el estado de un sistema acuático de una forma regular (Moliner, 2002).

Características de los bioindicadores: macroinvertebrados acuáticos. De acuerdo con Zamora (2005), las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, así como los organismos individualmente, presentan una serie de características que los han llevado a ser preferidos por los ecólogos y limnólogos como elementos de análisis de la calidad biológica de las aguas epicontinentales, entre otras se tienen las siguientes:

- **Tamaño relativamente grande.** Esto es válido tanto para las comunidades que generalmente presentan altas densidades de población, como para los organismos los cuales pueden ser detectados a simple vista. Esto facilita la captura en campo y el trabajo de identificación en el laboratorio.

- **Muestreo fácil.** Existen para la recolección de las muestras, técnicas estandarizadas, que además son muy sencillas.

- **Relativamente fáciles de identificar.** Esto facilita el trabajo de identificación en el laboratorio.

- **No se requiere de equipos costosos.** Para la toma de la muestra en la mayoría de los casos son suficientes mallas sencillas de fácil construcción a partir de materiales que son muy económicos; si se hace necesario la utilización de dragas, también se pueden mandar a construir resultando económicas.

- **Ciclos biológicos lo suficientemente largos.** En la mayoría de los taxa un año o más, lo cual les permite detectar cualquier alteración ocurrida en tiempo pasado también largo, por esta razón son buenos indicadores de perturbaciones anteriores a la toma de la muestra, superando esta limitación en el caso de los muestreos puntuales en el tiempo.

- **Reflejan las alteraciones en corto tiempo.** Especialmente los organismos estenotópicos o esteno, lo cual se manifiesta y detecta fácilmente en la magnitud y estructura de la comunidad.

- **Alta diversidad.** Debido a la alta diversidad en las aguas del neotrópico, existe una amplia gama de poblaciones que presentan en cada caso, variados grados de tolerancia frente a los diferentes niveles y parámetros de alteración. Entonces existen organismos tipo “esteno” muy sensibles o intolerantes que pueden ser muy buenos indicadores de aguas de buena o mala calidad según el caso, y organismos tipo “euri” que si bien es cierto no son muy buenos indicadores, nos permiten realizar un completo análisis de la estructura de la comunidad, para de esta forma determinar el índice biológico correcto.

- **Amplia distribución.** Lo cual permite la utilización del análisis biológico, de los ecosistemas acuáticos epicontinentales en la mayoría de las regiones del mundo.

- **Sedentarios en su mayoría.** Razón por la cual reflejan fielmente las condiciones locales, del cuerpo de agua natural objeto del análisis.

2.4 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS

La caracterización física y química de un ambiente acuático hace referencia a todos aquellos factores ambientales que influyen en la estabilidad y productividad de un ecosistema y que inferirán en el proceso de la utilización del agua (Roldán, 1992).

La presencia y el normal desarrollo de los organismos acuáticos en general depende en gran medida no solo de las características geomorfológicas de los lechos fluviales y de las condiciones climatológicas, sino también de las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua, las cuales varían en función de: el tipo de ecosistema, posición geográfica, piso altitudinal, condición climatológica, zona de vida, tipo de fuente, naturaleza geoquímica del sustrato, aspectos geológicos y geomorfológicos, hora, día, profundidad de la columna de agua, tipo de muestreo, etc.

De acuerdo con Vásquez (2001), entre los parámetros fisicoquímicos de los ecosistemas acuáticos se tienen:

La **Temperatura** derivada directamente de la radiación solar, juega un papel fundamental en la regulación de numerosos procesos fisicoquímicos y biológicos. Incide en: la densidad del agua, solubilidad de gases, reacciones químicas y procesos biológicos como: niveles trofodinámicos de la biota acuática, tasas metabólicas, conversiones alimenticias, procesos de maduración gonádica, estructura y distribución de las poblaciones, migraciones, procesos de degradación de materia orgánica, etc.

Las corrientes de agua están sometidas a variaciones de temperatura a lo largo de su recorrido como una situación normal debida, entre otras razones, a las fluctuaciones del clima, a las variaciones altitudinales y a las que ocurren en periodos de 24 horas en un mismo sitio.

Cuando la temperatura del agua se incrementa, la velocidad de las reacciones químicas aumenta conjuntamente con la evaporación y volatilización de sustancias químicas, en especial, de las orgánicas. Por otra parte, el incremento de la temperatura disminuye la solubilidad de los gases en el agua, como es el caso del oxígeno, lo cual determina cambios en su déficit.

La **Turbidez** se relaciona con la cantidad de sólidos en suspensión, puesto que esta dado por la cantidad de materia particulada suspendida. Por lo tanto, incide directamente en la transparencia, en la capacidad de penetración lumínica, en la transmisión de la luz y por ende, en el flujo de energía dentro del sistema acuático y en los niveles de productividad.

Cuando los valores se aproximan o superan las 200 unidades, puede manifestarse una alteración drástica y severa en los flujos energéticos y niveles tróficos.

La turbidez puede variar con la época del año, la actividad biológica y el transporte de partículas de suelos por escorrentía y/o proceso de erosión. La lluvia intensa provoca variaciones horarias de turbidez. La turbidez puede relacionarse indirectamente con la cantidad de sólidos suspendidos totales.

El **Oxígeno disuelto** es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. Este llega al agua por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis.

El contenido de oxígeno de las aguas naturales varía con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, la actividad fotosintética y la presión atmosférica; la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que la temperatura y la salinidad se incrementan.

En términos generales el valor mínimo de oxígeno disuelto que garantiza la supervivencia y viabilidad de la mayoría de especies de peces y comunidades acuáticas es aproximadamente de 4 a 5 mg/L que, para las condiciones naturales, equivale a un déficit de oxígeno entre 30 y 60%, dependiendo de la temperatura del agua y de la altitud de cada sitio de monitoreo en particular; valores de OD por debajo de 2 mg/L causan la muerte a la mayoría de los peces.

El valor de **Saturación de oxígeno** ideal para cada altura y cada temperatura debe ser del 100%; por debajo se dice que el agua esta subsaturada y por encima sobresaturada de oxígeno.

La variación del contenido de oxígeno disuelto y, por ende, del déficit de oxígeno, puede ser función de la presencia de vegetales, materia orgánica oxidable, organismos y gérmenes aerobios, así como de la perturbación de los cambios atmosféricos y la presencia en la superficie de grasas, hidrocarburos o detergentes, entre otros.

Las variaciones del déficit de oxígeno y, por consiguiente, del oxígeno disuelto en un cuerpo de agua suceden de acuerdo con la época del año y también en un periodo de 24 horas, dependiendo de la temperatura y la actividad biológica.

En cuanto a las descargas de aguas domésticas con alto contenido de materia orgánica y nutrientes, aumentan el déficit de oxígeno como resultado de la actividad microbiológica.

El **Dióxido de Carbono** es el segundo gas en importancia presente en el agua. Se origina por la descomposición de la materia orgánica, por la respiración de los animales y las plantas y por el agua lluvia. Este juega dos papeles fundamentales, el primero está relacionado con la acción buffer en el agua, lo que permite que no se presenten cambios bruscos de pH y el segundo, que constituye la materia prima para la fotosíntesis y en especial el carbono, elemento básico para la constitución de la materia orgánica.

La **Alcalinidad**, es la medida de la cantidad de bicarbonatos y carbonatos, o sea la manera como se encuentran las distintas formas del dióxido de carbono en el agua de acuerdo con el pH. Conocer este parámetro es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera.

Las aguas de baja alcalinidad (menores de 24 mg CaCO₃/L) tienen poca capacidad reguladora y, por consiguiente, son susceptibles de alterar su pH por la deposición ácida de la atmósfera.

El **pH** (potencial de hidrogeniones), involucra los cambios de acidez y basicidad. La relación existente entre el pH, la alcalinidad y el dióxido de carbono, revela mucho en cuanto al conocimiento acerca del funcionamiento global de un ecosistema acuático.

Las aguas naturales usualmente tienen un pH entre 6,5 y 8,5, y depende de la geoquímica de los suelos, de las aguas de lavado y de la dinámica física y química del bióxido de carbono, el ácido carbónico, carbonatos y bicarbonatos, iones que siempre están presentes en las aguas naturales, así como también los ácidos húmicos y fúlvicos.

La **Conductividad**, mide la cantidad total de iones, por lo tanto, se correlaciona con la salinidad. A través de ella se puede conocer mucho acerca del metabolismo de un ecosistema acuático, productividad primaria, descomposición de materia orgánica, detección de fuentes de contaminación y de la naturaleza geoquímica del terreno.

Los intervalos de conductividad eléctrica de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 mS/cm, pero pueden exceder los 1000 mS/cm, especialmente en aguas superficiales que reciben una gran cantidad de aguas residuales contaminadas. Los valores asumidos por esta variable determinan el uso potencial del agua, debido a que el efecto de las actividades domésticas modifican los valores naturales de la conductividad.

La **Dureza** del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella.

La dureza puede variar en un intervalo amplio de valores. La dureza debida al calcio es la que prevalece, con valores por encima del 70%, aunque en algunos casos la del magnesio puede alcanzar valores comprendidos entre 50 y 60%.

Existen varias clasificaciones de acuerdo con los valores de dureza, entre ellas la de Sawyer y McCarty 1967, citada por Vásquez: - valores menos de 10 mg CaCO₃/L, poco

productivas – valores entre 10 y 25 mg CaCO₃/L, medianamente productivas – valores superiores a 25 mg CaCO₃/L, muy productivas.

El **Nitrógeno** constituye uno de los nutrientes más importantes para la productividad. Este ion varía con los ritmos de lluvia y sequía en las zonas tropicales.

La contaminación orgánica, industrial y agrícola constituye una de las fuentes más importantes de este ion en el agua y es la principal responsable de los fenómenos de eutrofización de ríos.

De todas las formas de nitrógeno, los **Nitritos** y el **ion Amonio** son los más importantes para los ecosistemas acuáticos, por cuanto constituyen la fuente principal para los organismos residentes en este medio.

Cuando se exceden los intervalos de concentración natural de estos nutrientes en los sistemas acuáticos naturales, se producen alteraciones, como pérdida de oxígeno disuelto, proliferación de especies acuáticas indeseables, hasta llegar finalmente a las condiciones de anoxia y pérdida total del oxígeno, que se manifiesta por expulsión de gases tóxicos (Vásquez, 2001).

3. ANTECEDENTES

El Municipio de Timbío por su posición geográfica privilegiada, representa un gran potencial hidrobiológico en beneficio del desarrollo socioeconómico de sus habitantes. En su transcurso histórico, tal desarrollo ha ido de la mano con el incremento de las actividades antrópicas, que afectan cada vez más la calidad y cantidad de sus aguas (PBOT, 1999).

El aumento poblacional en sí, ha ejercido un impacto ambiental, sobre el área de esta subcuenca, los bajos recursos económicos de sus pobladores, la falta de educación y concientización ambiental han llevado a la explotación irracional de los recursos naturales, en especial los hidrobiológicos.

La identificación de dichas actividades como tensiones del medio, más la implementación de políticas y normatividades ambientales, han generado tal preocupación que son varios los investigadores que han centrado sus investigaciones sobre la subcuenca del Río Timbío, ellos son:

Polindara y Chicangana (1988), evaluaron la contaminación del Río Timbío con base en sus características fisicoquímicas y su efecto ambiental dentro de la zona urbana del municipio, sus resultados correspondieron a una calidad medianamente contaminada; estos efectos fueron atribuidos a la sobreexplotación de material de arrastre y vertimientos domésticos.

Campo y Vidal (1998), caracterizaron las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del Río Timbío sector comprendido entre la unión y puente Timbío, se registra un monitoreo de calidad fisicoquímica y biológica más completo, acorde a los equipos disponibles para campo; que arrojan niveles altos de contaminación, donde se aprecia un incremento en los procesos de degradación de la materia orgánica. En el análisis de calidad

biológica, las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, como bioindicadores; corroboran los resultados fisicoquímicos obtenidos.

Benítez (2000), determina el grado de contaminación del Río Pambio del Municipio de Timbío, con base en la identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Se registra el primer monitoreo de calidad fisicoquímica sobre este río; el uso de macroinvertebrados como bioindicadores, corroboran el alto grado de contaminación, efecto de vertimientos domésticos.

Córdoba (2003), realiza un diagnóstico limnológico y ambiental preliminar en la parte alta de la microcuenca del Río Timbío (vereda Las Estrellas, Salado) para la Empresa Municipal de Servicios Públicos EMTIMBIO E.S.P. Se determinan parámetros hidrológicos, físicos, sociales; se cuantifica y describen los nacimientos que conforman la microcuenca.

Además, fueron consultados trabajos de investigación cuyo objetivo general fue la caracterización hidrobiológica, más específicamente en ríos afectados por actividades antrópicas, en especial por contaminación orgánica; desarrollados a nivel departamental y nacional, se citan:

Zamora (1998), evalúa los niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del Río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. Realiza un análisis de las condiciones ambientales del río con base en las características de su comunidad de macroinvertebrados, principalmente desde el punto de vista de bioindicación. Identifica tres zonas claramente diferenciadas: una con moderada alteración ecológica en la parte alta, otra medianamente alterada en la parte media antes de ingresar a la ciudad, y el tramo final dentro de la ciudad presenta una alteración ecológica acentuada.

Castillo (1999), evalúa el efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua, en el Río Los Robles, Departamento del Cauca. Concluye que a pesar de las diferencias estadísticas resultantes en varios de los parámetros, a nivel espacial y temporal, las aguas del río en el área de estudio están en condiciones apropiadas para el desarrollo de la biota. Los parámetros cuyos valores resultaron relativamente altos (sólidos suspendidos totales, cloruros y sílice), se conservan dentro de límites admisibles para el crecimiento de la fauna béntica.

Martínez (2003), evalúa los efectos del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad biológica de la Quebrada Quitacalzon (Municipio de Popayán). Concluye que las poblaciones de macroinvertebrados se encuentran dominadas por el Orden Diptera y Mollusca, indicadores de aguas con alto grado de materia orgánica.

Campuzano (2004), evalúa la calidad biológica y fisicoquímica del Río Grande en el área de influencia del Municipio de Púrace – Coconuco departamento del Cauca. Analiza que la alteración en la continuidad del río esta influenciada por actividades antrópicas, las cuales se tornan más graves a medida que se descende en las diferentes zonas de muestreo. El análisis biológico concluye que las poblaciones de macroinvertebrados se ven afectadas tanto en número como en diversidad a lo largo de las estaciones, siendo este cada vez menor. Los parámetros fisicoquímicos considerados en el estudio no constituyen un factor limitante para el normal desarrollo de la biota acuática.

Posada y Roldán (1999), caracterizan fisicoquímica y biológicamente la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Elaboran un mapa de calidad del agua; considerando criterios físicos, químicos y biológicos. La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad del agua son de carácter fisicoquímico, los cuales no reflejan las posibles alteraciones que hayan podido suceder tiempo atrás. Por este motivo la vigilancia y control de la contaminación del agua se complementa usando los organismos como bioindicadores.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objeto de analizar y evaluar el efecto generado por actividades antrópicas sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua, se desarrollo el siguiente, marco metodológico:

4.1 MÉTODOS DE CAMPO

4.1.1 Estaciones de muestreo. Las zonas o estaciones de muestreo fueron ubicadas basándose en la identificación de puntos con efectos contaminantes difusos y puntuales. Estas son claramente diferenciadas:

Estación uno: metros antes de la bocatoma del acueducto, ubicada en la parte alta de la subcuenca, quebrada el Salado (Sótara), con moderada alteración ecológica, se identifican actividades antrópicas como la deforestación, actividad ganadera y asentamientos humanos.

Estación dos: medianamente alterada, por la explotación de materiales de arrastre en especial, sumado a las actividades antrópicas de la anterior estación, ubicada antes de ingresar a la zona urbana del municipio sobre el Río Timbío.

Estación tres, dentro de la zona urbana del mismo río, presentando una alteración ecológica acentuada, por los colectores que vierten las aguas residuales de la población y alteraciones a lo largo del tiempo en su cauce (Figura 1).

Las estaciones fueron monitoreadas cada mes durante un semestre, comprendido entre junio y noviembre de 2006, se agrupan y evalúan periodos pluviales así:

- Junio y Julio: meses de baja precipitación
- Agosto y Septiembre: meses de transición
- Octubre y Noviembre: meses de alta precipitación

Se incluyó esta continuidad en el tiempo con el fin de caracterizar y evaluar posibles cambios biológicos y fisicoquímicos.

4.1.2 Descripción del área de muestreo

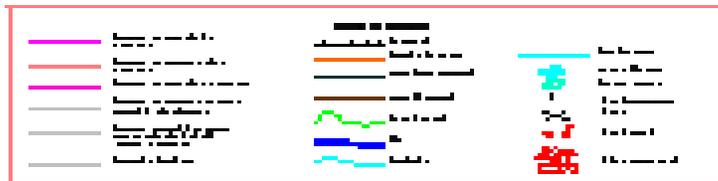
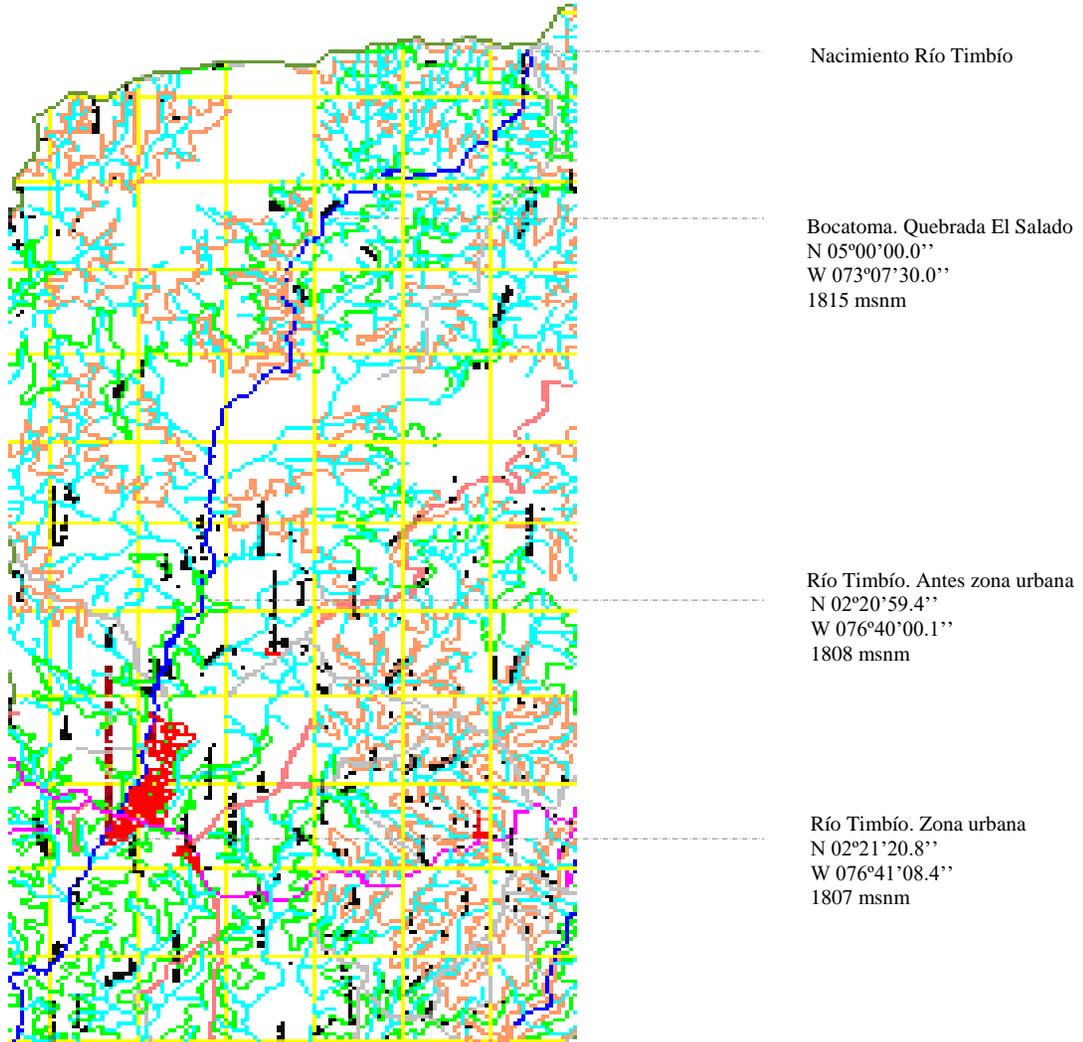
Localización. La zona de estudio se encuentran entre los Municipios de Sotará y Timbío, ubicados en la Región Andina, altiplano de la zona centro del Departamento del Cauca, mejor conocido como meseta de Popayán, en medio de las cordilleras central y occidental, al Suroccidente de la República de Colombia. La cabecera municipal de Timbío se localiza a los 2° 21' 22" de Latitud Norte y 76° 41' 16" de Longitud Oeste (Figura 1) a 13 kilómetros al sur de la Ciudad de Popayán. Su superficie comprende una extensión de 20.502,9 Has (205 Km²) (PBOT, 1999).

Clima. Los sitios específicos de muestreo pertenecen a la unidad climática de bosque húmedo Premontano (bh – PM) (Holdridge, 1982); cuyas características son: temperatura entre 17 y 24 grados centígrados, altura sobre el nivel del mar entre 1800 y 2000 metros y precipitación anual entre 1000 y 2000 mm año (PBOT, 1999).

Recursos Hídricos. El Municipio de Timbío, se caracteriza por presentar una red hidrológica que tributa a dos grandes Cuencas Hidrográficas de Colombia: La Cuenca del Río Cauca y la Cuenca del Río Patía. La primera drena sus aguas a la Vertiente del Caribe y la segunda a la Vertiente del Pacífico (PBOT, 1999).

Subcuenca del Río Timbío. Es la cuenca de mayor importancia para el Municipio de Timbío, el área geográfica comprende territorios del Municipio de Timbío, Sotará y El Tambo. Nace en el cerro las Estrellas a 2200 msnm., jurisdicción del Municipio de Sotará,

Continuación Figura 1. Ubicación del área de estudio



Área de muestreo. Longitud total: 7.87 Km

desde su nacimiento hasta su desembocadura hace un recorrido de oriente a occidente hasta desembocar en el Río Quilcacé, punto donde se marca el inicio de la Cuenca del Río Patía, ya que a partir de aquí dicho río toma este nombre (Figura 1).

La cuenca posee una extensión de 44.9 Km², en lo que corresponde al territorio del Municipio de Timbío. Se caracteriza por presentar suelos de origen volcánico con pendientes suaves y cortas, dando origen a un paisaje de forma colinada, son suelos productivos, pero susceptibles a los procesos erosivos (PBOT, 1999).

Tributarios del Río Timbío

Quebrada El Salado: es la principal fuente tributaria del Río Timbío, en ella se localiza la bocatoma que surte el acueducto del perímetro urbano de Timbío beneficiando a 8167 habitantes.

En términos generales estas microcuencas se localizan en las laderas de clima frío húmedo de la Cordillera Central, Municipio de Sotará, entre los 2000 y 3000 metros de altura, zona de vida bosque húmedo Montano Bajo (bh – MB), de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge. Los suelos son desarrollados a partir de cenizas volcánicas, el paisaje predominante es quebrado a muy quebrado, con pendientes de 25 – 50 - 75% y mayores.

La cobertura de vegetación natural protectora es muy escasa, comprende principalmente relictos de roble (*Quercus humboldtii*), Aliso (*Alnus acuminata*) y Encenillos (*Weinmania sp*), el uso predominante son los cultivos forestales industriales y la ganadería extensiva (PBOT, 1999).

Usos y Demanda de Agua. En cuanto a la utilización del recurso agua en el área municipal, se tiene que el máximo consumo corresponde al uso doméstico en el área urbana y rural del municipio, donde más de seis mil familias de estas zonas son abastecidas por medio de ocho acueductos comunitarios regionales y veredales.

En segundo lugar se presenta el uso agropecuario, principalmente en el cultivo de café. En menor cantidad, se tiene el consumo de agua para labores agroindustriales y piscícolas (PBOT, 1999).

Es muy importante recalcar que el abastecimiento de agua del Municipio de Timbío se hace en un 90% en bocatomas localizadas fuera de su territorio, específicamente en quebradas y ríos que nacen en el municipio de Sotará, territorio localizado a mayor altura sobre el nivel del mar y rico en este recurso natural (PBOT, 1999).

Actividades antrópicas. De todo el sistema hídrico del municipio, el Río Timbío es el más amenazado por problemas de contaminación, consecuencia del vertimiento de las aguas negras provenientes de los más de ocho mil habitantes del sector urbano, del matadero municipal, de la explotación inadecuada del material de arrastre de su cauce, de las aguas mieles generadas en el proceso del café, de la deforestación intensa en todos los sectores de la cuenca, entre otras.

4.1.3 Evaluación del estado del hábitat en el ambiente acuático. Aunque el hábitat de un organismo tiene connotaciones más amplias, éste informe se refiere al espacio físico ocupado por ese organismo. En el ecosistema lótico, el hábitat de los macroinvertebrados incluye principalmente las rocas, grava y sedimentos del fondo del río, las plantas acuáticas y raíces sumergidas, al igual que la hojarasca, ramas y troncos que caen al río.

La caracterización del hábitat fue útil porque permitió evaluar la calidad del ambiente físico. Los parámetros medidos tuvieron relación directa e indirecta con la biota acuática, fueron determinantes para el bienestar de dicha biota, e influyeron sobre la calidad y cantidad de agua.

Esta evaluación permitió comparar las diferentes estaciones de muestreo y establecer si las diferencias encontradas eran causadas por diferencias del hábitat o por otros factores como la calidad del agua, entre otros.

4.1.4 Determinación de parámetros fisicoquímicos. En cada estación de muestreo se midieron parámetros físicos y químicos. *In situ*: altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiental y georeferenciación; mediciones en ancho y profundidad de la corriente; temperatura hídrica, conductividad, pH, oxígeno disuelto, dióxido de carbono disuelto. Para la medición de los parámetros químicos restantes, se tomó un litro de agua en botellas ámbar debidamente etiquetadas y refrigeradas para ser transportadas y medidas en el laboratorio.

Las variables fisicoquímicas, los materiales y los métodos utilizados para su medición se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables fisicoquímicas medidas en cada muestreo.

Variables	Unidad	Material y/o Método
Temperatura del agua	°C	Conductímetro/Directo
Conductividad	umhos/cm	Conductímetro/Directo
Turbiedad	NTU	Espectofotométrico/Químico
Oxígeno disuelto	mg/L	Kit Merck/Químico
Dióxido de carbono	mg/L	NaOH y fenolftaleína/Químico
pH		Kit Merk/Químico
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	Kit Merk/Químico
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	Kit Merk/Químico
Amonio	mg/L	Espectofotométrico/Químico
Nitritos	mg/L	Espectofotométrico/Químico

4.1.5 Colecta y transporte de material biológico. Se muestrearon diferentes habitats, estos incluyeron zonas de rápidos y zonas de remansos; para su recolección se empleó una red de pantalla para bentos, el producto de cada barrida dentro de un área aproximada de 1m² fue extraído con pinzas metálicas y envasado en frascos plásticos con agua y alcohol al 70%, debidamente etiquetados.

También se tomaron muestras de hojarasca, que fueron depositadas en bolsas plásticas herméticas debidamente rotuladas; y muestras de diversos sustratos como: grava, arena y lodo (igualmente depositados en bolsas plásticas). Estas dos últimas muestras tuvieron tres repeticiones, sumando de esta forma ocho muestras mensuales por estación; este procedimiento se realizó de igual forma en las estaciones uno y dos.

La estación tres por el contrario tiene menor cantidad de registros, debido a que su caracterización física no cuenta con zonas de remansos, ni aporte de hojarasca; en su defecto fueron muestreados residuos sólidos orgánicos e inorgánicos encontrados en el lugar; atribuido a las alteraciones y contaminación del cauce.

4.1.6 Tipo de muestreo. Espacio - Temporal, teniendo en cuenta que nuestros ecosistemas manifiestan cambios biológicos considerables, dependientes principalmente de las épocas de máxima y mínima precipitación y de las actividades antrópicas, las cuales también son fluctuantes a lo largo del año, lo que hace que las comunidades también lo sean.

4.2 MÉTODOS DE LABORATORIO

Registros químicos como turbidez, amonio y nitritos, fueron medidos en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, por medio del espectrofotómetro Merck SQ-118, utilizando reactivos Spectroquant; para los análisis de alcalinidad y dureza total, se utilizaron métodos colorimétricos de Aquamerck.

Todos los macroinvertebrados acuáticos colectados en campo se llevaron al laboratorio, donde fueron separados del material vegetal, contados y conservados.

Para la identificación de especímenes a nivel de género se hicieron observaciones al estereoscopio Nikon SMZ-1; se usaron claves y guías taxonómicas de Roldán (1996) y Fernández y Domínguez (2001).

4.3 ÍNDICES DE EVALUACION BIOLÓGICA

4.3.1 Índice de calidad: BMWP o Sistema para la Determinación del Índice de Monitoreo Biológico, Adaptación para Colombia. Para su cálculo, se identificaron los macroinvertebrados acuáticos hasta el nivel de familia. A cada familia se le asignó un puntaje (Tabla 2), en este caso se trabajó con los puntajes sugeridos para Colombia por Zamora (2006). Los puntajes se sumaron y de esta manera se obtuvo el valor del BMWP (Tabla 3).

Tabla 2. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico –BMWP- adaptado para Colombia.

Ordenes	Familias	Puntaje
Plecoptera	Perlidae.	
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae.	
Trichoptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae.	
Coleoptera	Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae.	10
Odonata	Polythoridae.	
Diptera	Blepharoceridae.	
Unionoida	Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda).	
Acari	Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina).	
Hidroida	Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Efemeridae.	
Trichoptera	Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae.	
Coleoptera	Gyrinidae, Scirtidae.	
Odonata	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae.	9
Diptera	Simullidae.	
Gordioidae	Gordiidae, Chordodidae. (Cl: Nematomorpha)	
Lepidoptera	Pyralidae.	
Mesogastropoda	Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda).	
Hirudiniformes	Hirudinae. (Cl: Hirudinea).	

Continuación tabla 2. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP- adaptado para Colombia.

Ordenes	Familias	Puntaje
Ephemeroptera	Baetidae, Caenidae.	
Trichoptera	Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae.	
Coleoptera	Dytiscidae, Dryopidae.	
Odonata	Lestidae, Calopterygidae.	
Hemiptera	Pleidae, Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae.	8
Diptera	Dixidae.	
Decápoda	Palaemonidae, Pseudothelphusidae. (Cl: Crustácea)	
Basommatophora	Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	
Ephemeroptera	Tricorythidae, Leptohephidae.	
Trichoptera	Polycentropodidae.	
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae.	
Odonata	Aeshnidae.	
Hemiptera	Naucoridae, Notonectidae, Mesolveiidae, Corixidae.	7
Diptera	Psychodidae.	
Basommatophora	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
Mesogastropoda	Melaniidae, Hydrobiidae. (Cl: Gastrópoda)	
Archeogastrópoda	Neritidae. (Cl: Gastrópoda)	
Coleoptera	Limnichidae, Lutrochidae.	
Odonata	Libellulidae.	
Hemíptera	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae.	6
Diptera	Dolichopodidae.	
Megalóptera	Corydalidae, Sialidae.	
Decapoda	Atyidae. (Cl: Crustácea)	
Anphipoda	Hyalellidae. (Crustácea)	
Tricladida	Planariidae, Dugesiidae.	
Coleóptera	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae.	
Diptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	5
Basommatophora	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda).	
Coleóptera	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae.	
Diptera	Tipulidae, Ceratopogonidae.	4
Basommatophora	Limnaeidae, Sphaeridae. (Cl: Gastrópoda)	

Continuación tabla 2. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP- adaptado para Colombia.

Ordenes	Familias	Puntaje
Diptera Basommatophora Glossiphoniiformes	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae. Physidae. (Cl: Gastrópoda) Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae.	3
Diptera Haplotaxida	Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae. Todas las familias (Excepto tubifex)	2
Haplotaxida	Tubificidae (Tubifex)	1

Tomada de: Zamora (2005)

Tabla 3. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	> 121	Muy Buena	Aguas muy limpias	
II	101 – 120	Buena	Aguas limpias	
III	61 – 100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	
IV	36 – 60	Dudosa	Aguas contaminadas	
V	16 – 35	Crítica	Aguas muy contaminadas	
VI	< 15	Muy Crítica	Aguas fuertemente contaminadas	

Tomada de: Zamora (2005)

4.3.2 Índice de diversidad: Shannon - Weiner. En la naturaleza se puede encontrar desde muestras con un gran número de especies y una distribución equilibrada, hasta muestras con muy pocas especies en las que una especie presenta una elevadísima abundancia y otras no. Partiendo de estas premisas, la diversidad se define como el número y variedad de especies presentes en un área. De esta forma, la diversidad de cada muestra o ámbito va a estar condicionada por dos aspectos fundamentales: el número de especies y la proporción de cada una de las especies (Guisande, 2006).

Se calcula el índice de diversidad mediante la aplicación de la fórmula:

$$H' = - \sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

Donde: ni = Número de organismos por cada género

N = Número total de organismos colectados

ln = Logaritmo natural.

De acuerdo con Zamora (2001) el índice de diversidad calculado mediante esta fórmula oscila entre valores de 0.0 y 5.0 y debe interpretarse de la siguiente forma:

	Diversidad	Contaminación	Productividad
0.0 – 1.5	Baja	Elevada alteración	Oligotrofia
1.6 – 3.0	Media	Mediana alteración	Mesotrofia
3.1 – 5.0	Alta	Baja alteración	Eutrofia

4.3.3 Índice de dominancia: Simpson. Con este índice se mide la presencia y/o abundancia de todos o un género en particular dentro de la comunidad.

$$C = \sum (n_i/N)^2 * 100$$

Donde: n_i = número de individuos por cada género

N = número total de individuos colectados

4.3.4 Tratamiento de datos: Para la organización y representación gráfica de los datos biológicos y fisicoquímicos, se emplearon los programas estadísticos BIODIVERSITY y STATISTICA.

El análisis, discusión y conclusiones de los resultados biológicos y fisicoquímicos se presentan a partir de porcentajes de abundancia, indicadores de calidad, diferenciación entre rangos de calidad de aguas en función del tiempo y del espacio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 EVALUACION DEL ESTADO DEL HABITAT ACUATICO

5.1.1 Estación uno: Bocatoma, Quebrada El Salado (Figura 2)



Figura 2. Quebrada El Salado

- ❖ **Caracterización del área de captación.** Su localización y red hidrológica se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Información general. Estación uno.

Quebrada: El Salado	Vereda: El Salado	Municipio: Sotará
Subcuenca: Río Timbío	Departamento: Cauca	
Cuenca: Río Patia	Latitud: N 05°00'00.0''	Longitud: W 073°07'30.0''
	Altitud: 1815 msnm	Zona de vida: bh – MB

Uso del suelo. La franja que bordea la quebrada es de un pequeño bosque. Aguas arriba del punto de muestreo, este ha sido reemplazado por potreros.

Problemas de contaminación. Se hace evidente la presencia de fuentes contaminantes difusas por actividad ganadera.

Vegetación riparia. El tipo de vegetación dominante que bordea la quebrada a lo largo del punto de muestreo esta representada en su mayoría por árboles, y en menor cantidad le restan los arbustos y rastrojos. Dentro de la vegetación representativa se destacan las piperáceas, melastomatáceas, leguminosas, aráceas, lauráceas, ericáceas, gramíneas, entre otras.

❖ **Caracterización física del hábitat**

Con esta caracterización se buscó establecer los rasgos físicos más representativos del hábitat acuático evaluado. Las medidas promedio del cauce y sus porcentajes en los diferentes tipos de corrientes se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Características del cauce. Estación uno

Puntos de muestreo	Medidas del cauce		Tipo de corriente presente		
	1	2		1	2
Ancho banco(m)	3.10	4.15	Turbulencias	60	90%
Ancho húmedo(m)	2.30	4.10	Corriente lenta	30	10%
Profundidad(m)	0.32	0.9	Corriente rápida	70	90%
			Pozos	0	0%

*Los valores y porcentajes citados para los dos puntos de muestreo son el promedio reportado a lo largo del tiempo.

Composición del sustrato.

- **Sustrato inorgánico.** El cauce está compuesto por diferentes sustratos, siendo el de mayor cobertura la piedra pequeña, seguida de grava y en menor proporción la gravilla, arena y limo.

- **Componentes orgánicos del sustrato.** A lo largo y ancho del cauce, se encuentran compuestos orgánicos suspendidos, tipo detritus; semillas, frutos, flores, hojas, ramas y troncos. Además materia orgánica particulada fina de residuos vegetales.

Alteraciones del cauce. Retención y desvío de caudal unos metros más abajo del sitio de muestreo, con propósito de abastecimiento para el Municipio de Timbío.

Cobertura del dosel. La corriente a lo largo de la zona de muestreo está cubierta en más del 60% por árboles y arbustos de gran longitud, brindando sombra a la quebrada durante todo el día.

Evaluación del hábitat.

Sustrato disponible para colonización. La condición es óptima, pues más del 70% del sustrato está conformado por material adecuado para el establecimiento de la biota; esto es la mezcla de piedras, espacios, troncos, huecos en la orilla, detritus, materia orgánica particulada fina, entre otros. Ofreciendo una gran disponibilidad y variedad de hábitats que incrementarían un mayor potencial de colonización, alimentación, refugio y reproducción a los macroinvertebrados acuáticos.

Combinaciones de velocidad y profundidad. La zona de muestreo presenta todas las combinaciones que se pueden dar en una corriente de agua, esto es profunda-rápida, baja-rápida, baja-lenta; ofreciendo una heterogeneidad de alojamientos, que albergaría una fauna más diversa.

Deposición de sedimentos. Es mínimo, lo que indica un bajo nivel de perturbaciones aguas arriba o por el contrario, el gran aporte que esta brindando el pequeño bosque que rodea esta parte de la quebrada; pues esta favoreciendo la infiltración y protege al suelo de la acción directa de la lluvia y el sol, contribuyendo a la reducción de la erosión.

Estabilidad de las orillas. Orillas estables, con suficiente protección vegetal ribereña, evitan problemas de erosión.

5.1.2 Estación dos: Río Timbío, antes de la influencia espacial urbana del municipio (Figura 3)



Figura 3. Río Timbío

- ❖ **Caracterización del área de captación.** Su localización y red hidrológica se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Información general. Estación dos.

Río: Timbío	Vereda: El Placer	Municipio: Timbío
Subcuenca: Río Timbío	Departamento: Cauca	
Cuenca: Río Patía	Latitud: N 02°20'59.4''	Longitud: W 076°40'00.1''
	Altitud: 1808 msnm	Zona de vida: bh – PM

Uso del suelo. El total del área ribereña y de captación, ha sido aprovechada con actividades agrícolas y pecuarias; sobresalen cultivos de café, yuca, maíz, granadilla, pastos mejorados e invernaderos de tomate y flores, entre otros, ganadería extensiva e intensiva, piscicultura y porcicultura.

Carreteras y otras obras. A una corta distancia del área de captación está la carretera de uso público no pavimentada que comunica todas las veredas vecinas, puentes y obras en construcción, como viviendas y centros turísticos.

Problemas de contaminación. Es evidente la presencia de fuentes contaminantes puntuales como establos, explotaciones porcícolas, procesamiento de cosecha, estaciones piscícolas, centros recreativos, sistemas de alcantarillado de viviendas individuales y explotación de material de arrastre, entre otras. Además de fuentes de contaminación difusa que por escorrentía llegan al río; aplicación de pesticidas, estiércol de ganado y aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos.

Vegetación riparia. El tipo de vegetación que bordea el río en la margen izquierda esta representada en su mayoría por hierbas y algunos arbustos, en el margen derecho dominan pastos naturales.

❖ **Caracterización física del hábitat**

Busca establecer los rasgos físicos más representativos del hábitat acuático evaluado. Las medidas promedio del cauce y sus porcentajes en los diferentes tipos de corrientes se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Características del cauce. Estación dos.

Puntos	Medidas del cauce		Tipo de corriente presente		
	1	2		1	2
Ancho banco(m)	4.90	6.71	Turbulencias	60	25%
Ancho húmedo(m)	4.10	5.97	Corriente lenta	10	40%
Profundidad(m)	0.42	0.14	Corriente rápida	90	50%
			Pozos	0	10%

Composición del sustrato.

- **Sustrato inorgánico.** Al igual que en la estación anterior esta compuesto por diferentes sustratos, siendo el de mayor cobertura la piedra pequeña, seguida de gravilla, arena y limo.

- **Componentes orgánicos del sustrato.** Tipo detritus; hojas. Además de materia orgánica particulada fina, como residuos vegetales de tamaño pequeño.

Se registra la presencia de residuos sólidos dentro del cauce, como plásticos, productos desechables y vidrios, entre otros.

Alteraciones del cauce. Retención de caudal unos metros más arriba del sitio de muestreo, por habitantes del sector con fines recreativos y explotación de material de arrastre.

Cobertura del dosel. La corriente a lo largo de la zona de muestreo se encuentra desprotegida, el reemplazo de los bosques en las orillas del río por pasturas tiene diversos efectos perjudiciales como: eliminación de cobertura vegetal, disminución del aporte de hojarasca y material vegetal, pérdida de hábitats, perdida de protección de las orillas e incremento de sedimentos y nutrientes en el río.

Evaluación del hábitat.

Sustrato disponible para colonización. Su condición es subóptimo, pues aproximadamente el 50% del sustrato está conformado por material estable, esto es la disponibilidad y variedad de hábitats que ofrecen un potencial de colonización, alimentación, refugio y reproducción a los macroinvertebrados acuáticos. Al evaluarse como un sitio con menor variedad y cantidad de hábitats posee una biota menos diversa.

Colmatación de espacios entre piedras. Un alto porcentaje de las piedras y grava se encuentran rodeadas por sedimento fino; esto se atribuye en mayor medida a perturbaciones constantes del sustrato como es la erosión y la extracción de material de arrastre, el sedimento tiende a cubrir los espacios entre las piedras y demás estructuras. Cuando esto sucede, se reduce la superficie disponible para refugio, alimentación y reproducción de peces y macroinvertebrados.

Combinaciones de velocidad y profundidad. De manera artificial la estación presenta todas las combinaciones que se pueden dar en una corriente de agua, esto es profunda - rápida, baja-rápida, baja-lenta; debido a excavaciones y movimientos en el sustrato realizados por las personas que extraen el material.

Estabilidad de las orillas. Orillas moderadamente inestables, con insuficiente protección vegetal ribereña, acarrea problemas de erosión, incrementándose este en épocas de alta precipitación.

5.1.3 Estación tres: Río Timbío, en la influencia espacial urbana del municipio (Figura 4)



Figura 4. Río Timbío

- ❖ **Caracterización del área de captación.** Su localización y red hidrológica se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Información general. Estación tres.

Río: Timbío	Barrio: San Judas	Municipio: Timbío
Subcuenca: Río Timbío	Departamento: Cauca	
Cuenca: Río Patia	Latitud: N 02°21'20.8''	Longitud: W 076°41'08.4''
	Altitud: 1807 msnm	Zona de vida: bh – PM

Uso del suelo. En el total del área ribereña y de captación de la zona urbana, a margen izquierdo sobresalen actividades económicas como cultivos de café y de pastos mejorados; además de la ganadería extensiva e intensiva.

Carreteras y otras obras. A pocos metros de distancia del área de captación, a lo largo de su margen derecha, está construida la calle 19, representada por gran número de viviendas que conforman la zona urbana del municipio de Timbío. A lo largo de su recorrido existen varias obras importantes de infraestructura como puentes y centros recreativos, entre otros.

Problemas de contaminación. Es evidente la presencia de fuentes contaminantes en esta zona, siendo las de mayor impacto las puntuales; como el vertimiento directo sin tratamiento previo de las aguas residuales colectadas a lo largo del área urbana, de aguas rojas provenientes del matadero municipal, del beneficio de café y de lavados de vehículos de transporte y vertimiento de basuras, entre otras. Además de fuentes contaminantes difusas.

Vegetación riparia. El tipo de vegetación que bordea el río a lo largo de la zona urbana esta representada en su mayoría por hierbas, algunos arbustos y pocos árboles.

❖ Caracterización física del hábitat

Busca establecer los rasgos físicos más representativos del hábitat acuático evaluado. Las medidas promedio del cauce y sus porcentajes en los diferentes tipos de corrientes se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Características del cauce. Estación tres.

Puntos	Medidas del cauce		Tipo de corriente presente	
	1	2		
Ancho banco(m)	3.98	4.74	Turbulencias	30%
Ancho húmedo(m)	3.98	4.74	Corriente lenta	15%
Profundidad(m)	0.84	0.62	Corriente rápida	85%
			Pozos	0%

*Los valores y porcentajes citados para los dos puntos de muestreo son el promedio reportado a lo largo del tiempo.

Composición del sustrato.

- **Sustrato inorgánico.** El cauce está compuesto por diferentes sustratos, siendo el de mayor cobertura la grava, el limo y el fango, seguida de piedra pequeña. A las orillas del cauce por efectos mecánicos de las corrientes son atrapadas ramas, creando barreras que detienen los diferentes vertimientos de basuras, residuos no degradables como plásticos, vidrios, trapos y metales, entre otros; depositados por los pobladores.

- **Componentes orgánicos del sustrato.** Tipo detritus; materia orgánica particulada gruesa y fina, como residuos vegetales. Además, de residuos orgánicos como los aportados del lavado de café, vertimiento de basuras, heces de ganado, restos estomacales de bovinos provenientes del matadero, excretas humanas aportadas en las aguas residuales y detergentes, entre otros.

Alteraciones del cauce. Por canalización, donde ha sido modificado el cauce a lo largo del tiempo con el fin de cambiar su curso, cortando sus curvas o profundizándolo; debido a las necesidades arquitectónicas para la organización espacial urbana.

Cobertura del dosel. La corriente a lo largo de la zona de muestreo se encuentra desprotegida, el reemplazo de los bosques en las orillas del río por pasturas y actividades de la población urbana tiene como mayor impacto el incremento de sedimentos y nutrientes a el río.

Evaluación del hábitat.

Sustrato disponible para colonización. Su condición es escasa, pues la disponibilidad de hábitats es baja y la calidad fisicoquímica hídrica está perturbada. El sustrato está conformado por material inestable, dificultando el asentamiento de la biota, esto es la falta y alteración de hábitats que ofrecen un potencial de colonización, alimentación, refugio y reproducción a organismos. Adaptándose de esta forma individuos con mayor tolerancia

frente a contaminantes de tipo orgánico en este caso y a sus efectos. Al evaluarse como un sitio con baja variedad, cantidad y calidad de hábitats posee una biota menos diversa y bioindicadora de aguas contaminadas.

Colmatación de espacios entre piedras. La mayor parte de las piedras y grava se encuentran rodeadas por sedimento fino; esto se atribuye en mayor medida a perturbaciones constantes del sustrato como la erosión.

Combinaciones de velocidad y profundidad. Debido a las alteraciones del cauce por canalización, la estación de muestreo presenta homogeneidad en su corriente de agua, esto es profunda-rápida y en menor cantidad baja-rápida.

Estabilidad de las orillas. Orillas inestables, con insuficiente protección vegetal ribereña, acarrea problemas de erosión, incrementándose este en épocas de alta precipitación; colocando en riesgo las viviendas construidas a lo largo del margen del río.

5.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS HÍDRICOS

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos hídricos del Río Timbío se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores y promedio de los parámetros fisicoquímicos en las zonas de muestreo del Río Timbío. (a) Zona 1, (b) Zona 2 y (c) Zona 3.

(a)

PARÁMETRO	UNIDAD	JUN	JUL	SEP	NOV	PROM
T. ambiental	°C	19.3	20	19.5	18.5	19.3
T. hídrica	°C	16	17	17	16	16.5
Oxígeno disuelto	mg/L	8	7.6	8.5	9.3	8.4
% Saturación de O ₂	%	100	100	105	110	103
Gas carbónico	mg/L	1.2	1.2	1.3	1.5	1.3
pH		7	7	7	7	7
Conductividad	umhos/cm	40	-	60	40	46.7
Duraza total	MgCaCO ₃ /L	10.36	-	12.28	10.68	11.1
Alcalinidad total	MgCaCO ₃ /L	7	7	7	7.2	7
Amonio	mg/L	0.15	-	0	0	0.05
Nitritos	mg/L	0	-	0	0	0
Turbidez	NTU	5	-	3	18	8.7

(b)

PARÁMETRO	UNIDAD	JUN	JUL	SEP	NOV	PROM
T. ambiental	°C	21	22	22	21	21.5
T. hídrica	°C	16	17	17	17	16.8
Oxígeno disuelto	mg/L	7	6.7	6.8	7.8	7
% Saturación de O ₂	%	90	90	90	100	92.5
Gas carbónico	mg/L	2.5	2.3	2.5	2.7	2.5
pH		7	7	7	7	7
Conductividad	umhos/cm	36	-	43	39	39.3
Duraza total	MgCaCO ₃ /L	28.6	23.15	28.9	31.5	28
Alcalinidad total	MgCaCO ₃ /L	12	11	12	13	12
Amonio	mg/L	0.11	-	0	0	0.04
Nitritos	mg/L	0.03	-	0.07	0	0.03
Turbidez	NTU	17	-	46	20	27.7

(c)

PARÁMETRO	UNIDAD	JUN	JUL	SEP	NOV	PROM
T. ambiental	°C	21	23	22	21	21.8
T. hídrica	°C	16.5	17	16	16	16.4
Oxígeno disuelto	mg/L	5.9	5.8	5.9	6	5.9
% Saturación de O ₂	%	78	75	77	80	77.5
Gas carbónico	mg/L	7	7.5	7	7.2	7.2
pH		6.1	6.5	6.5	6.5	6.4
Conductividad	umhos/cm	40	-	60	40	46.7
Duraza total	MgCaCO ₃ /L	38.1	46.28	39.6	42.4	41.6
Alcalinidad total	MgCaCO ₃ /L	9	10	9	9.5	9.4
Amonio	mg/L	0.17	-	0.1	0.05	0.11
Nitritos	mg/L	0.03	-	0.09	0.12	0.08
Turbidez	NTU	14	-	37	66	39

El análisis fisicoquímico a pesar de no ser lo suficientemente representativo por lo pequeño de la muestra, permite inferir que existe cierta estructura subyacente o asociación entre variables en el ecosistema objeto de estudio.

A continuación se realizan los análisis descriptivos de las variables, teniendo en cuenta las tres estaciones; cabe anotar que en las dos primeras no se presentaron variaciones relevantes durante el transcurso del estudio, a comparación de la estación tres (Tabla 10). Las diferencias de los registros entre sitios se deben a varios factores, así:

Parámetros como temperatura ambiental; oxígeno, saturación de oxígeno y gas carbónico disuelto; pH, alcalinidad y dureza total; turbidez, difieren en sus registros a lo largo del área de muestreo. Esto quiere decir que su comportamiento fue dependiente a cada estación, por tanto; las características del área de captación y más aun los efectos de actividades antrópicas están influyendo en la variación de dichos parámetros.

La **temperatura ambiental** osciló entre 19.3 y 23 °C (Figura 5), correspondiente a bosque húmedo premontano dada su ubicación geográfica y altitud. La **temperatura hídrica**

fluctuó entre 16 y 17 °C a lo largo del trayecto, los valores mas bajos se registraron durante los meses de junio y noviembre (Figura 5); de esta manera se acentúa un comportamiento directamente proporcional entre temperaturas.

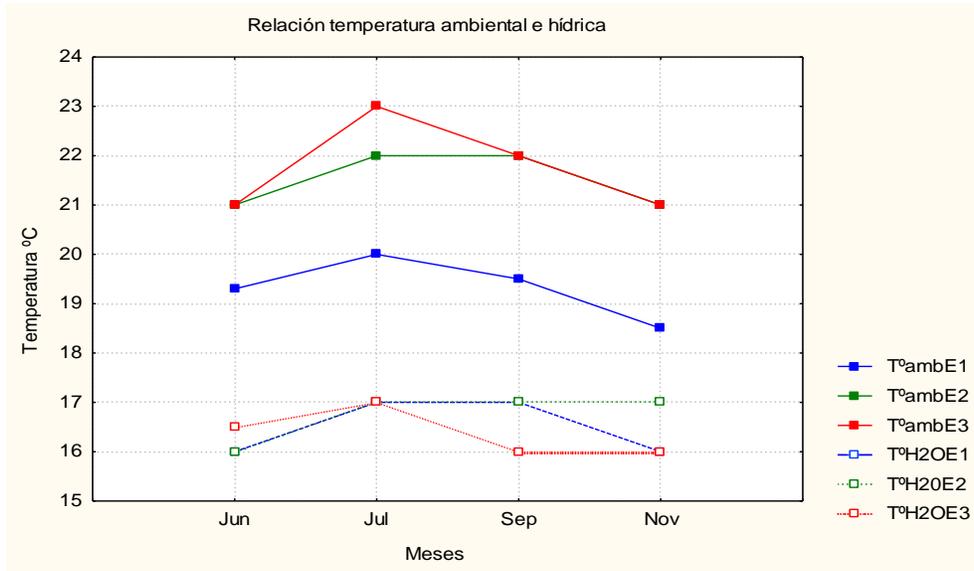


Figura 5. Relación de la temperatura ambiental ($T^{\circ}\text{amb}$) con la temperatura del agua ($T^{\circ}\text{H}_2\text{O}$) para cada estación (E1, E2 y E3) y época de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Las concentraciones de **oxígeno disuelto** reportaron promedios que van desde los 8.4 mg/L zona uno, 7 mg/L zona dos y 5.9 mg/L zona tres (Figura 6); dejando ver que la zona uno presenta la mayor concentración y saturación de oxígeno, debido a que aún conserva parte de su estado natural, igualmente posee mayor abundancia de vegetación ribereña, alta velocidad de corriente, alta transparencia permitiendo una buena penetración lumínica preservando de esta manera la productividad del sistema.

Caso contrario para las dos siguientes zonas donde los registros perciben una disminución en la concentración de oxígeno, lo cual evidencia que los vertimientos directos de aguas residuales elevan la tasa de degradación de materia orgánica, procesos de respiración y de oxidación que consumen el oxígeno.

El valor reportado por zonas deja observar que los promedios se encuentran dentro de las concentraciones normales registradas para ecosistemas hídricos lóticos ubicados dentro de la zona sur occidental del país (6 – 9 mg/L) (Vásquez, 1998).

El porcentaje promedio de saturación de oxígeno (relación entre la concentración de oxígeno disuelto y temperatura hídrica) en la zona uno fue 103%, zona dos 92.5% y 77.5% en la zona tres. Este último porcentaje se encuentra por debajo del 80%, valor considerado como “mínimo óptimo” para el normal desarrollo de muchos macroinvertebrados y peces (Wetzel, 2001; Roldán, 1992).

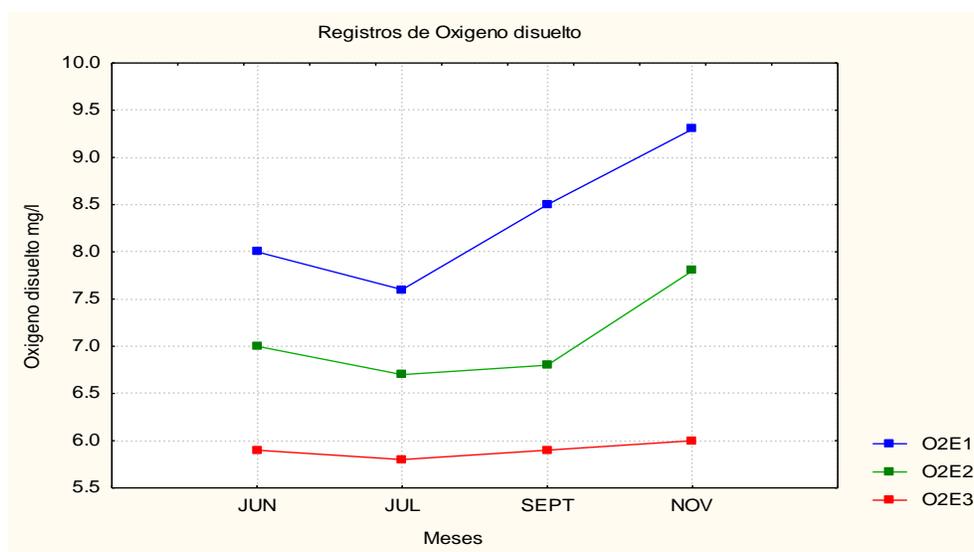


Figura 6. Relación de concentración de oxígeno (O₂) por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Los valores promedios de **gas carbónico disuelto (CO₂)** fueron 1.3 mg/L para la zona uno, 2.5 mg/L zona dos y 7.2 mg/L zona tres (Figura 7); el bajo valor de la zona uno en relación a las otras dos zonas se debe a que en esta zona hay escaso suministro de materia orgánica alóctona condición diferente a las dos zonas restantes, donde su producción se debe fundamentalmente a procesos naturales de respiración de la biota acuática, a la oxidación y a la degradación de materia orgánica.

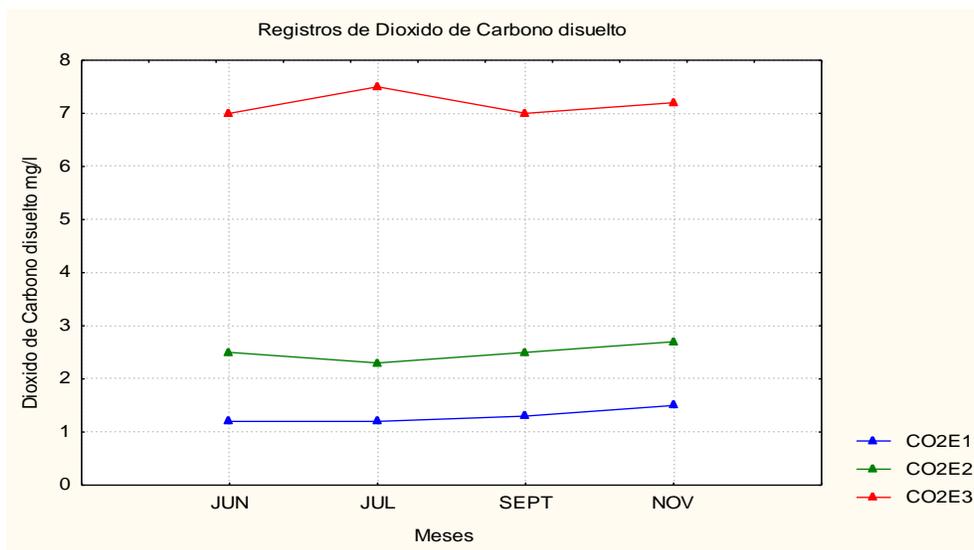


Figura 7. Valores de la concentración de gas carbónico (CO₂) por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

En relación con el **pH**, sus valores fueron neutros para las estaciones uno y dos, la estación tres tiende a ser ligeramente ácido con un valor promedio de 6.5 (Figura 8).

Existe concordancia entre los datos de pH y los registros de CO₂, se puede afirmar entonces, que el sistema presenta tendencia a una condición alcalina favorable en relación con la capacidad amortiguadora del medio y que los valores de pH se encuentran en el rango propicio para la presencia de especies acuáticas.

La tendencia a valores de pH por debajo del neutro en la estación tres tiene una relación congruente con las concentraciones de gas carbónico disuelto, lo cual permite corroborar cierto grado de alteración del ecosistema acuático como tal; en respuesta, de su tasa de degradación de materia orgánica, proveniente principalmente, del vertimiento de aguas residuales domésticas.

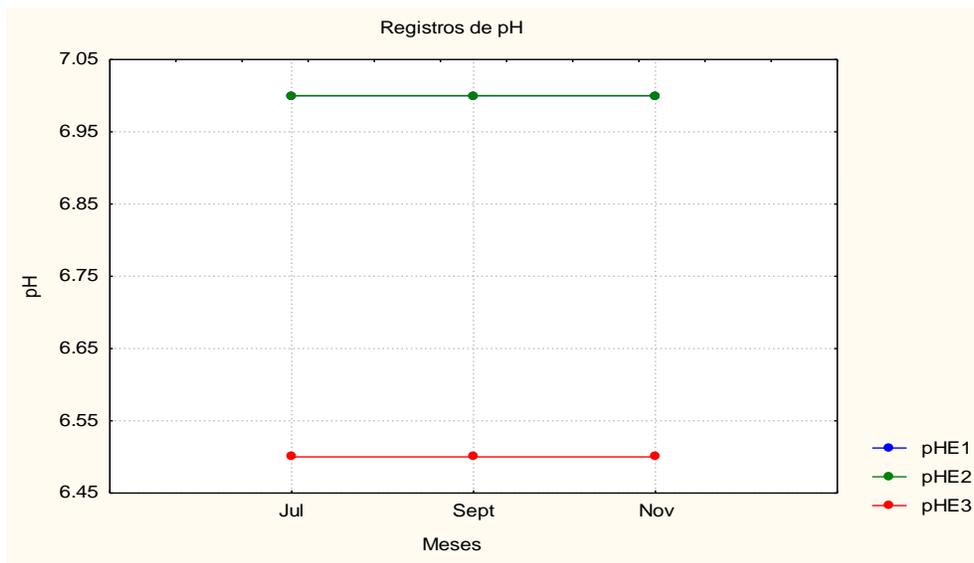


Figura 8. Valores de pH por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Alcalinidad total: entre las estaciones no existe una variación notable de sus valores (Figura 9), pues se afirma que cantidades inferiores a 100 mg/l son consideradas bajas en términos generales, y están en el rango esperado para aguas naturales neotropicales (Vásquez 2001).

Con respecto a la **dureza total** a lo largo del río, sus registros oscilan entre 11.11 y 41.59 mg CaCO₃/L (Figura 10); de acuerdo con la escala establecida para propósitos sanitarios (Sawyer and McCarty, 1967), estas serian consideradas como aguas blandas, cuyo rango correspondiente es de 0 a 75 mg/L (Vásquez 2001).

Las mencionadas variaciones se deben a la capacidad buffer con relación al contenido de iones, donde la productividad esta marcada por los registros encontrados de carbonatos y calcio en cada sistema.

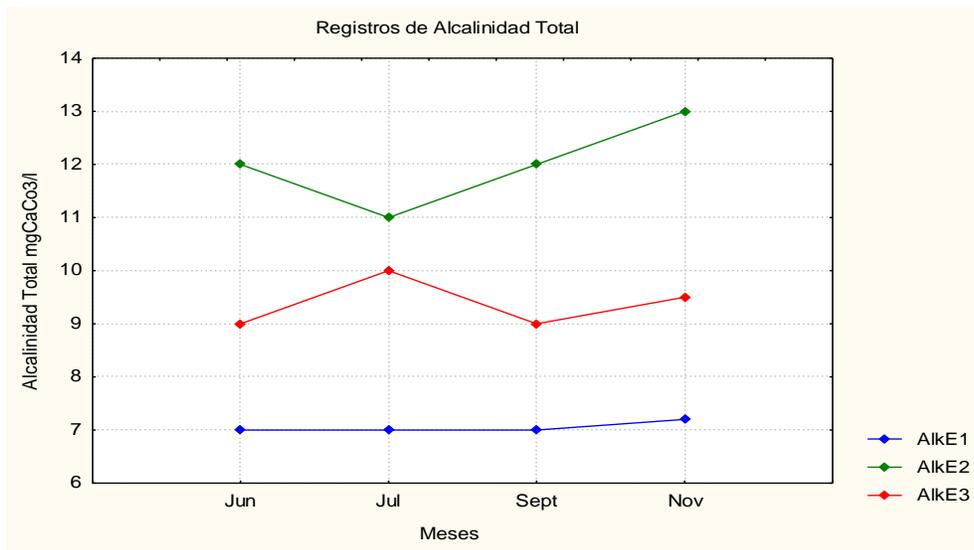


Figura 9. Valores de alcalinidad (Alk) por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

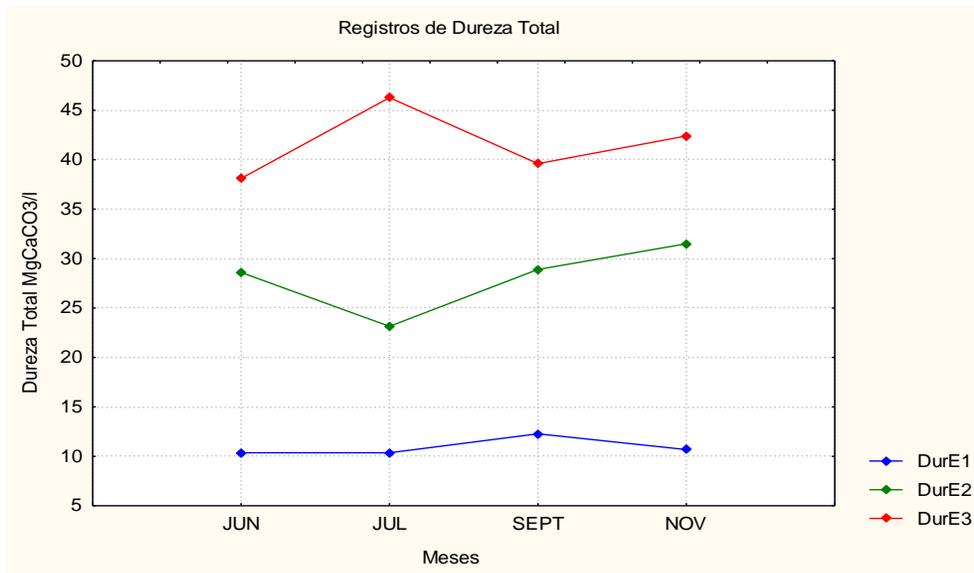


Figura 10. Valores de dureza por estaciones y épocas de muestreo en el Río Timbío.

Los valores de **Turbidez** encontrados son bastante bajos (oscilan entre 8.6 y 39 Unidades Nefelometricas-UNF) (Figura 11), en comparación con registros reportados para otros ríos del país en diferentes estudios.

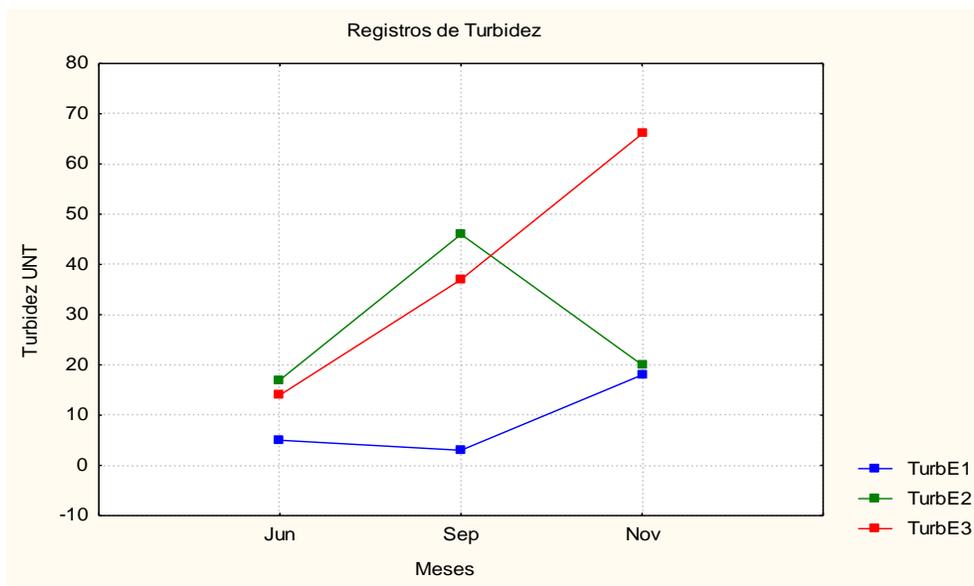


Figura 11. Valores de turbiedad por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Las tres estaciones registran incremento para los valores de turbiedad (Tabla 10), como consecuencia del incremento en la pluviosidad, que contribuye con el arrastre de sedimentos y material alóctono, material que va a alterar la capacidad de penetración lumínica y la transparencia, ambas, de suma importancia para procesos productivos como la fotosíntesis.

Las variables que no presentaron diferencias tan marcadas como las ya descritas fueron: temperatura hídrica, conductividad, amonio y nitritos; esto quiere decir que su comportamiento fue independiente del tipo de zona, por tanto; las actividades antrópicas no están influyendo severamente en la variación de dichos parámetros.

La evaluación del estado del hábitat acuático en cada una de las estaciones, corroborado con bibliografías especializadas en cuanto a cambios sucesionales a lo largo de los ríos se refiere, pone en duda dichos resultados.

Entre estaciones no difieren los valores para conductividad y sólidos disueltos totales. Por tanto, la actividad extractiva y el vertimiento de aguas residuales no estaría influyendo en la degradación del ecosistema; este hecho es refutable pues, en el caso particular de la actividad de extracción de materiales de arrastre, la presencia de volquetas en el lecho o barra de los ríos, afecta al espejo de agua; pues esta clase de actividad, que no ha sido realizada de manera controlada y adecuada, ocasiona una serie de impactos ambientales representados en: inestabilidad de orillas del cauce y modificación morfológica de los mismos, alteración fisicoquímica, alteración de sustratos, erosión y sedimentación del cauce y variación del curso del cuerpo lótico (Castillo 1999).

Conductividad: los valores registrados presentan una homogeneidad entre estaciones, donde se puede afirmar que en general la conductividad es relativamente baja para las dos últimas, con un rango entre 39.3 y 46.7 uMhos/cm; a partir de lo cual se deduce una concentración iónica medianamente baja, baja productividad primaria y bajas tasas de degradación de materia orgánica, situación que se rechaza ya que dichas zonas no revelan dicho estado de conservación dentro del área del río trabajada.

Nitritos: la estación uno, reporta valores de cero para esta variable. Las concentraciones encontradas son bajas (entre 0.03 y 0.08 mg/L) para las siguientes dos estaciones (Figura 12), los cuales corresponden a aguas oxigenadas y no contaminadas.

La diferencia que se aprecia entre las medias se atribuye en especial a la estación tres, a los distintos estados de degradación de materia orgánica a lo largo del tiempo. Sus valores reportados evidencian que se trata de aguas con un proceso natural de descomposición de materia orgánica, sin sobrepasar los límites permisibles para el desarrollo normal de la biota (Vásquez 2001).

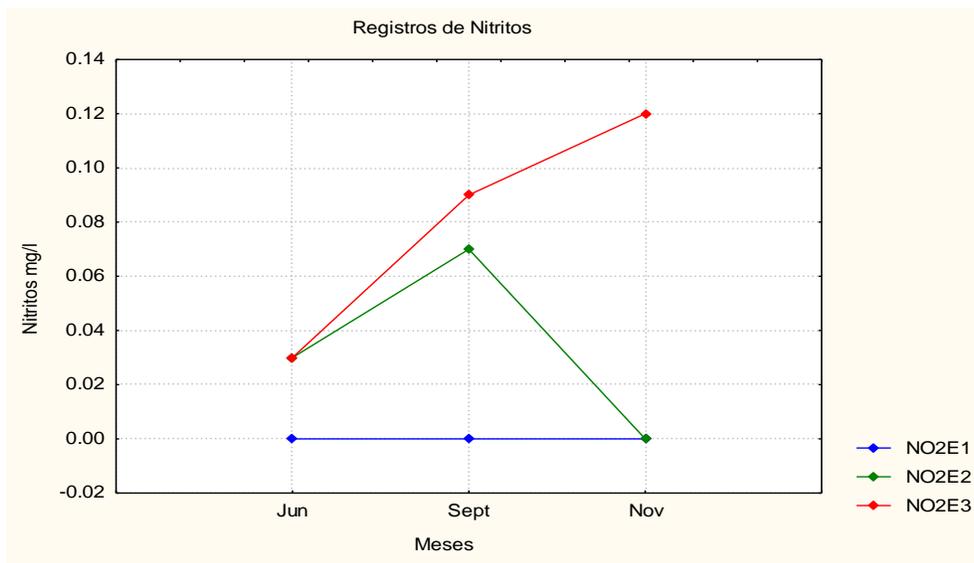


Figura 12. Valores de nitritos (NO_2) por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Amonio: las concentraciones encontradas son nulas y en ocasiones bajas (Figura 13), teniendo en cuenta que valores superiores a 0.5 mg/l son considerados perjudiciales para el desarrollo de la biota acuática e indicadores de contaminación.

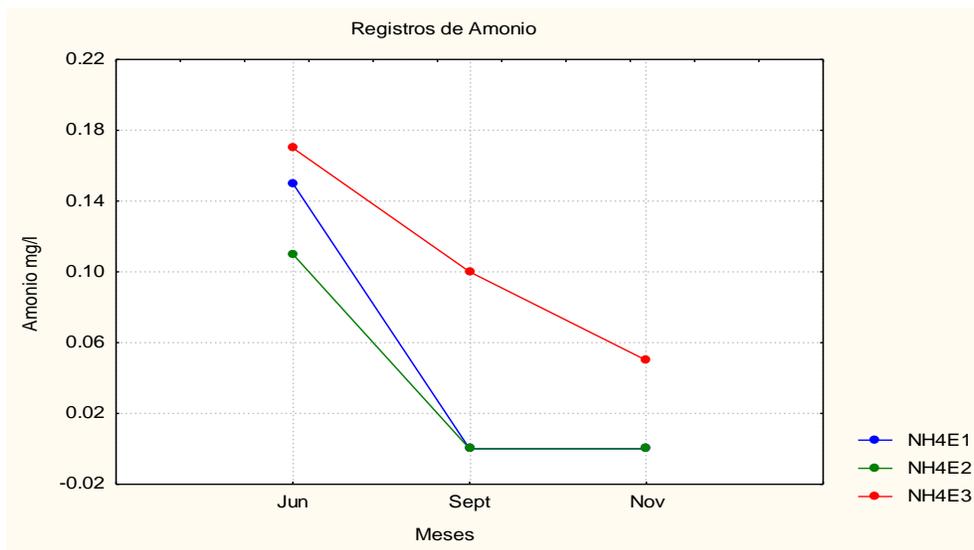


Figura 13. Valores de amonio (NH_4) por estaciones (E1, E2 y E3) y épocas de muestreo (Meses) en el Río Timbío.

Se manifiesta una tendencia de la variable amonio a disminuir su concentración con el transcurrir del tiempo (incremento en precipitación) (Tabla 10).

La relación con el tiempo se debe a diferencias en la frecuencia, intensidad, duración y magnitud de las lluvias. Aunque eso no se puede saber con exactitud, ya que por una parte no se cuenta con estaciones climatológicas, ni registros detallados pertenecientes a cada estación.

Las fluctuaciones presentadas en el porcentaje de saturación de oxígeno, durante los meses de muestreo, están directamente relacionadas con la temperatura hídrica y la precipitación. En el mes de noviembre se observó un incremento en el porcentaje de saturación para las estaciones (Tabla 10), durante esta época la temperatura hídrica se mantuvo constante y la precipitación fue la más alta de todos los meses de muestreo. El aumento del caudal y la velocidad de la corriente del río, como consecuencia del incremento en la precipitación, permite mayor intercambio de oxígeno entre el medio atmosférico y la fuente de agua, esto quiere decir que hay mayor oxigenación de la misma.

5.3 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

El listado general de los taxa registrados en el área de estudio se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Descripción taxonómica y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las estaciones 1, 2 y 3 del Río Timbío

TAXON	Estación 1 ni	Estación 2 ni	Estación 3 ni
Phylum Platyhelminthes			
Clase Turbellaria			
Orden Tricladida			
Familia Planariidae			
Género <i>Dugesia</i>	1	2	94
Phylum Nematomorpha			
Orden Gordioidea			
Familia Gordiidae			
Género <i>Gordius</i>	1		
Phylum Annelida			
Clase Oligochaeta			
Orden Haplotaxida			
Familia Tubificidae			
Género <i>Tubifex</i>		17	1120
Familia Glossoscolecidae			
Género <i>Drilocrius</i>			37
Clase Hirudinea			
Orden Glossiphoniiformes			
Familia Glossiphoniidae			
Género <i>Placobdella</i>			76
Phylum Arthropoda			
Clase Insecta			
Orden Ephemeroptera			
Familia Baetidae			
Género <i>Baetis</i>	10	6	
<i>Baetodes</i>	10	11	
<i>Camelobaetidius</i>	1	33	15
<i>Moribaetis</i>	1		
Familia Oligoneuriidae			
Género <i>Lachlania</i>	17		
Familia Leptophlebiidae			
Género <i>Thraulodes</i>	101	346	
<i>Terpides</i>	60	41	7
Familia Tricorythidae			
Género <i>Leptohyphes</i>	126	109	
Orden Odonata			
Familia Libellulidae			
Género <i>Brechmorhoga</i>	4	10	
Familia Gomphidae			
Género <i>Progomphus</i>	25	18	
Familia Calopterygidae			
Género <i>Hetaerina</i>	17	9	
Orden Plecoptera			
Familia Perlidae			
Género <i>Anacroneuria</i>	279	46	1

Continuación Tabla 11. Descripción taxonómica y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las estaciones 1, 2 y 3 de el Río Timbío

TAXON	Estación 1 ni	Estación 2 ni	Estación 3 ni
Orden Neuroptera			
Familia Corydalidae			
Género <i>Corydalus</i>	67	10	3
Orden Hemiptera			
Familia Naucoridae			
Género <i>Pelocoris</i>	6		
Familia Veliidae			
Género <i>Rhagovelia</i>	22	2	
<i>Stridulivelia</i>	3		
Familia Gerridae			
Género <i>Eurygerris</i>	11		
Orden Coleoptera			
Familia Dytiscidae			
Género <i>Thermonectus</i>	11		
Familia Hydrophilidae			
Género <i>Tropisternus</i>	1		
<i>Berosus</i>	2		
Familia Elmidae			
Género <i>Disersus</i>	29	13	1
<i>Macrelmis</i>		4	
<i>Phanocerus</i>	59	10	
<i>Cylloepus</i>	26	2	
<i>Heterelmis</i>	31	48	
<i>Stenelmis</i>	3		
Familia Staphylinidae			
Género <i>Stenus</i>	13	7	
Familia Psephenidae			
Género <i>Psephenops</i>	2	2	
Familia Ptilodactylidae			
Género <i>Anchytarsus</i>	12	1	
Familia Scirtidae			
Género <i>Elodes</i>	1		
Familia Chrysomelidae			
Género <i>Donacia</i>	1		
Familia Lutrochidae			
Género <i>Lutrochus</i>	1		
Familia Dryopidae			
Género <i>Elmoparnus</i>		1	
<i>Pelonomus</i>	1		
Orden Trichoptera			
Familia Calamoceratidae			
Género <i>Phylloicus</i>	13		
Familia Glossosomatidae			
Género <i>Mortoniella</i>		1	
Familia Helicopsychidae			
Género <i>Helicopsyche</i>	4		
Familia Hydropsychidae			
Género <i>Leptonema</i>	225	57	
<i>Smicridea</i>	8	2	2
Familia Hydroptilidae			
Género <i>Hydroptila</i>		1	
Familia Leptoceridae			
Género <i>Nectopsyche</i>	7		
<i>Atanatolica</i>		4	
<i>Grumichella</i>	2		

Continuación Tabla 11. Descripción taxonómica y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las estaciones 1, 2 y 3 de el Río Timbío

TAXON	Estación 1 ni	Estación 2 ni	Estación 3 ni
Familia Hydrobiosidae			
Género <i>Atopsyche</i>	31	20	
Familia Odontoceridae			
Género <i>Marilia</i>	2		
Orden Diptera			
Familia Dixidae			
Género <i>Dixella</i>	4		
Familia Tipulidae			
Género <i>Limonia</i>	3	1	
<i>Tipula</i>	22	2	
<i>Molophilus</i>	6		
<i>Hexatoma</i>	11		4
Familia Psychodidae			
Género <i>Maruina</i>		1	
Familia Ceratopogonidae			
Género <i>Probezzia</i>	1	4	
<i>Alluaudomyia</i>	1	2	
<i>Stilobezzia</i>	3		1
Familia Chironomidae			
Subfamilia Orthocladinae	2	4	2706
Tanypodinae	181	37	
Chironominae	2	2	82
Familia Simuliidae			
Género <i>Simulium</i>	21	340	7
Familia Tabanidae			
Género <i>Chrysops</i>	1		
Familia Empididae			
Género <i>Hemerodromia</i>	1	1	
<i>Chelifera</i>	2	1	1
Familia Muscidae			
Género <i>Limnophora</i>			1
Familia Athericidae			
Género <i>Atherix</i>	15	1	
Familia Syrphidae			
Género <i>Brachycera</i>			1
Clase Crustácea			
Orden Anphipoda			
Familia Hyalellidae			
Género <i>Hyallella</i>	3		
Phylum Mollusca			
Clase Gastropoda			
Orden Basomatophora			
Familia Physidae			
Género <i>Physa</i>			596
Familia Ancyliidae			
Género <i>Ferrissia</i>			125

Fueron colectados en total 7635 individuos, distribuidos en 5 phyla, 7 clases, 14 órdenes, 49 familias y 72 géneros.

La clase más abundante fue Insecta con el 72.86% (5563 especímenes); le siguieron en orden decreciente: Oligochaeta, Gastropoda, Turbellaria, Hirudinea, Crustácea y Nematomorpha.

Díptera fue el orden con mayor número de individuos (3475) de la clase Insecta, constituyendo así el 45.51% del total de la muestra. Seguida por Haplotaaxida (1174), Ephemeroptera (894) y Basomatophora (721); dichos ordenes suman el 36.51% restante.

Sobresalen nueve familias, las cuales representan el 88.4% de la muestra. Ellas son: Chironomidae con el 39.50% (3016 individuos), Tubificidae con el 14.89% (ni = 1137), Physidae con el 7.8% (ni = 596), Leptophlebiidae con el 7.26% (ni = 555), Simuliidae con el 4.81% (ni = 368), Perlidae con el 4.26% (ni = 326), Hydropsychidae con el 3.85% (ni = 294), Tricorythidae con el 3.07% (ni = 235) y Elmidae con el 2.96% (ni = 226).

Orthocladinae es la subfamilia con mayor número de individuos (2712) dentro de la familia Chironomidae.

Tubifex, *Physa*, *Thraulodes*, *Simulium*, *Anacroneuria*, *Leptonema*, *Leptohyphes* y *Tanypodinae* son los géneros más frecuentes y abundantes durante el muestreo. Estos representaron el 78.17% por toda el área de estudio.

Se presentan y analizan los resultados obtenidos a nivel espacial y temporal de manera cualitativa como cuantitativa, utilizando para ello los índices de calidad, de dominancia y de diversidad.

Para una mejor organización de la información, el análisis de la fauna béntica, se describirá por estación de muestreo, teniendo en cuenta los diferentes hábitats escogidos con base en lo ofrecido por cada estación.

5.3.1 Cambios espaciales en relación con la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos

❖ Estación uno: Quebrada El Salado

En el tramo de estudio de ésta zona se registraron 3 phyla, y 4 clases distribuidas en 11 órdenes: Tricladida, Gordioidea, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Hemíptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera y Anphipoda. Las familias más abundantes correspondieron a: Perlidae (18.28%), Hydropsychidae (15.26%), Chironomidae (12.12%), Leptophlebiidae (10.55%), Elmidae (9.69%) y Tricorythidae (8.25%) (Tabla 11) (Figuras 14 y 15).

La muestra total obtenida en este sitio constituye un 19.98% del total de la comunidad de macroinvertebrados colectados en toda el área de estudio.

Las tres clases reportadas diferentes a Insecta fueron: Turbellaria, Nematomorpha y Crustácea; dichos individuos constituyen tan sólo el 0.31% del total de la muestra.

Los ordenes de mayor abundancia fueron Ephemeroptera con el 21.36% (326 individuos), Trichoptera con el 19.13% (292 individuos) y Plecoptera con el 18.28% (279 individuos); los cuales indican una buena calidad ecológica del sistema.

Las familias mas representativas dentro del orden con mayor abundancia de individuos son: Leptophlebiidae con el 49.38% (161 individuos) y Tricorythidae con el 38.65% (126 individuos).

Géneros como: *Dugesia*, *Gordius*, *Camelobaetidius*, *Moribaetis*, *Tropisternus*, *Elodes*, *Donacia*, *Lutrochus*, *Pelonomus*, *Probezzia*, *Alluaudomyia*, *Chrysops* y *Hemerodromia*; fueron registrados una sola vez durante todo el tiempo de muestreo.



1. *Anacroneuria*
2. *Corydalus*
3. *Thraulodes*
4. *Leptohyphes*
5. *Lachlania*
6. *Moribaetis*
7. *Leptonema*
8. *Atopsyche*
9. casa de *Phylloicus*
10. casa de *Nectopsyche*
11. casa de *Grumichella*
12. *Phanocerus*
13. *Anchytarsus*
14. *Cylloepus*

Figura 14. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en la Quebrada El Salado



1. *Hetaerina*
2. *Brechmorhoga*
3. *Eurygerris*
4. *Rhagovelia*
6. *Pelocoris*
7. *Heterelmis*
8. *Psephenops*
9. *Anchytarsus*
10. Casa de *Helicopsyche*
11. *Hemerodromia*
12. Chironomidae
13. *Dixella*
14. *Hexatoma*
15. *Stilobezzia*
16. *Gordius*

Figura 15. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en la Quebrada El Salado

❖ Estación dos: Río Timbío antes de la influencia espacial urbana

En este sector se colectaron 3 phyla y 3 clases, distribuidas en 10 órdenes, 28 familias y 41 géneros, sumando 1229 individuos colectados (Tabla 11); tal muestra constituye un 16.09% del total de la comunidad de macroinvertebrados colectados en toda el área de estudio.

Turbellaria (*Dugesia*) y Oligochaeta (*Tubifex*) fueron las únicas clases reportadas diferentes a Insecta; su número de individuos constituye tan solo el 1.54% del total de la muestra.

Entre los órdenes colectados se cuentan: Tricladida, Haplotaxida, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera y Diptera.

De los cuales Ephemeroptera continua siendo el orden más dominante al igual que en la estación anterior, con el 44.42% del número total de individuos colectados, de dicho porcentaje, la familia Leptophlebiidae representa el 70.87%; le siguen Tricorythidae y Baetidae con el 19.96% y 9.15% respectivamente. Continua el orden Diptera (*Simulium*) participando en la comunidad con el 32.22% (Figuras 16 y 17).

Coleóptera, Trichoptera, Plecoptera y Odonata, suman un 20.82% dentro de la comunidad de macroinvertebrados colectados (tabla 11).

Thraulodes, *Simulium* y *Leptohyphes* fueron los tres géneros con mayor número de individuos reportados; por el contrario *Anchytarsus*, *Elmoparnus*, *Mortoniella*, *Hydroptila*, *Limonia*, *Maruina*, *Hemerodromia*, *Chelifera* y *Atherix*; fueron registrados una sola vez durante todo el tiempo de muestreo.



1. *Thraulodes*
2. *Leptohyphes*
3. *Terpides*
4. *Anacroneuria*
5. *Corydalus*
6. *Atopsyche*
7. *Leptonema*
8. *Mortoniella*
9. *Heterelmis*
10. *Tubifex*

Figura 16. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío antes de la influencia espacial urbana



1. *Hetaerina*
2. *Progomphus*
3. *Brechmorhoga*
4. *Disersus*
5. *Anchytarsus*
6. *Phanocerus*
7. *Psephenops*
8. *Alluaudomyia*
9. *Stilobezzia*
10. *Simulium*
11. *Tipula*

Figura 17. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío antes de la influencia espacial urbana

❖ Estación tres: Río Timbío en la influencia espacial urbana

Los macroinvertebrados colectados pertenecen a 4 phyla, y 5 clases distribuidas en 10 ordenes, 19 familias y 20 géneros, el número de individuos colectados alcanzó los 4880 (Tabla 11); con una dominancia de la subfamilia Orthocladinae con el 55.45% (2706 individuos) y de los géneros *Tubifex* con el 22.95% (1120 individuos) y *Physa* con el 12.21% (596 individuos); bioindicadores de alta carga orgánica ejercida por las diferentes descargas de aguas residuales.

El orden con mayor abundancia fue Diptera con el 57.43% del número total de individuos colectados, donde la familia Chironomidae representa el 99.46%; Haplotoxida (*Tubifex*), Basomatophora (*Physa*) y Tricladida (*Dugesia*), contribuyen con el 23.70%, 14.77% y 1.92%, respectivamente (Figura 19).

Se registraron los ordenes: Ephemeroptera (*Camelobaetidius* y *Terpides*), Plecóptera (*Anacroneria*), Neuróptera (*Corydalis*), Coleóptera (*Disersus*) y Trichoptera (*Leptonema*) (figura 18); con un número de individuos insignificante frente a los dominantes de esta zona; su colecta sólo fue reportada en el primer mes de muestreo, pues fue la única vez que se empleó la red de mano, de la cual se desistió por motivos de prevención de salud para con los muestreadores. En su reemplazo fue elaborada una red triangular para los muestreos, con la cual nunca se capturaron dichos órdenes.

Géneros como: *Probezzia*, *Chelifera*, *Limnophora* y *Brachycera*; solo se registraron una vez durante todo el tiempo de muestreo (figura 19).



1. *Leptonema*
2. *Anacroneuria*
3. *Camelobaetidius*
4. *Corydalus*
5. *Dugesia*
6. *Tubifex*
7. *Drilocrius*

Figura 18. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío en la influencia espacial urbana



1. *Brachycera*
2. *Drilocrius*
3. *Limnophora*
4. *Tipula*
5. Chironomidae
6. *Simulium*
7. Chironomidae
8. *Dugesia*
9. *Physa*
10. *Physa*
11. *Ferrissia*

Figura 19. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales colectados en El Río Timbío en la influencia espacial urbana

5.3.2 Cambios temporales en relación con la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos

Considerando que durante el semestre de estudio se presentó una acentuada diferenciación entre niveles de precipitación dentro del área de estudio, se presentan los siguientes resultados en relación con los cambios espaciales en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados y el régimen pluviométrico.

➤ Época de baja precipitación

Durante los dos primeros meses de éste periodo (Junio y Julio) la estructura de la comunidad fue similar, debido a condiciones hidrológicas similares, favorecidas por un flujo constante de agua aunque con menor cantidad.

El número de individuos de MAE no presentó disminuciones en su porcentaje de abundancia, por el contrario se reporta un incremento en el número de individuos de las familias: Baetidae (*Baetodes*), Tricorythidae (*Leptohyphes*), Gomphidae (*Progomphus*), Staphylinidae (*Stenus*), Tipulidae (*Tipula*), Ceratopogonidae (*Probezzia*) y Simuliidae (*Simulium*) (Tabla 12). Estos organismos alcanzaron su mayor número durante este periodo.

La disminución en dominancia y diversidad de algunas familias se debe al bajo número de individuos colectados para: Tubificidae, Glossiphoniidae, Perlidae, Chironomidae, Ancyliidae; y a la desaparición de las familias Libellulidae y Athericidae (Tabla 12).

Tabla 12. Relación entre el número de individuos (ni) por familia de macroinvertebrados acuáticos y los niveles de precipitación en el Río Timbío

FAMILIA	BAJA PRECIPITACION	TRANSICION	ALTA PRECIPITACION
Planariidae	24	45	28
Tubificidae	201	468	468
Glossoscolecidae	9	19	9
Glossiphoniidae	5	23	48
Baetidae	47	28	12
Oligoneuriidae	4	12	1
Leptophlebiidae	116	303	136
Tricorythidae	136	42	57
Libellulidae	0	3	11
Gomphidae	24	8	11
Calopterygidae	2	3	21
Perlidae	52	134	140
Corydalidae	24	42	14
Veliidae	3	3	21
Gerridae	0	0	11
Dytiscidae	0	0	11
Elmidae	50	69	107
Staphylinidae	15	5	0
Ptilodactylidae	2	8	3
Calamoceratidae	1	1	11
Hydropsychidae	98	120	76
Leptoceridae	6	3	4
Hydrobiosidae	4	8	39
Tipulidae	23	14	12
Ceratopogonidae	10	2	0
Chironomidae	615	1303	1098
Simuliidae	269	32	67
Athericidae	0	6	10
Physidae	181	284	131
Ancylidae	26	56	43

➤ **Época de transición**

Durante estos dos meses (Agosto y Septiembre) la estructura de la comunidad de MA presentó mucha similitud y estabilidad, ya que durante éste período la constancia en la intensidad, duración y cantidad de flujo, permitió el establecimiento de diversos hábitat y/o refugios, el florecimiento de abundante perifitón, la acumulación de hojarasca y diverso material orgánico proveniente de la vegetación ribereña y niveles propicios en los parámetros fisicoquímicos, los cuales favorecen considerablemente el desarrollo y establecimiento de diversos organismos como: Planariidae (*Dugesia*), Glossoscolecidae (*Drilocrius*), Oligoneuriidae (*Lachlania*), Leptophlebiidae (*Thraulodes*), Corydalidae (*Corydalus*), Ptilodactylidae (*Anchytarsus*), Hydropsychidae (*Leptonema*), Chironomidae (Orthocladinae), Physidae (*Physa*) y Ancyliidae (*Ferrissia*); familias con mayor número de individuos colectados en esta época (Tabla 12).

➤ **Época de alta precipitación**

El aumento del flujo de la corriente y de la velocidad del agua, reducen el número de individuos de la comunidad de MAE a comparación con la época anterior. Es considerable la disminución en número de individuos de las familias: Baetidae, Oligoneuriidae, Corydalidae, Tipulidae y Physidae (Tabla 12).

Las familias que contribuyeron con las más altas abundancias son: Glossiphoniidae (*Placobdella*), Libellulidae (*Brechmorhoga*), Calopterygidae (*Hetaerina*), Veliidae (*Rhagovelia*), Gerridae (*Eurygerris*), Dytiscidae (*Thermonectus*), Elmidae (*Heterelmis* y *Phanocerus*), Calamoceratidae (*Phylloicus*), Hydrobiosidae (*Atopsyche*) y Athericidae (*Atherix*) (Tabla 12).

Los resultados señalan como durante la época de transición, seguida por la de alta precipitación; el número de individuos es similar o se incrementa un poco a lo largo de las estaciones de muestreo, razón por la cual se considera que la abundancia esta sujeta tanto al

cambio en las características ambientales como a las características biológicas, y fisicoquímicas de los cuerpos de agua, como son; aumento en la vegetación que aloja a los individuos e incremento en la velocidad de la corriente, mayor depósito de materia orgánica, cambios en la temperatura hídrica, oxígeno, gas carbónico disuelto, pH y conductividad; características que influyen directamente en el crecimiento, longevidad y en la madurez sexual de los macroinvertebrados acuáticos (Longo 2007).

5.3.3 Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales del Río Timbío

Teniendo en cuenta que la distribución de los organismos bénticos en los ecosistemas lóticos se relacionan directamente con la velocidad de la corriente, con la calidad y disposición del alimento, el tipo de sustrato (arena, rocas, lodo, fango, macrofitas acuáticas, hojarasca), la temperatura hídrica, y las concentraciones de oxígeno y gas carbónico disuelto principalmente, se presenta una relación entre éstos parámetros y los hábitat que se han podido establecer en el ecosistema estudiado.

Considerando la importancia del hábitat para los invertebrados bentónicos, para realizar las colectas de MAE en el Río Timbío se diferenciaron cuatro tipos en cada zona de muestreo: zona de rápidos, zona de remansos, hojarasca y sustrato (grava, arena y lodo).

La estación uno y dos presentaron las mejores disponibilidades de hábitat, al ofrecer mayor: variedad en tipo de corrientes de agua, esto es profunda-rápida, baja-rápida, baja-lenta; piedra pequeña, grava, gravilla, arena y limo; detritus, semillas, frutos, flores, hojas, ramas y troncos. Además materia orgánica particulada fina de residuos vegetales.

La estación tres por su parte, al ser canalizada solo presenta un tipo de corriente profunda-rápida; grava, limo y fango; residuos sólidos inorgánicos como plásticos, vidrios, trapos, metales; residuos orgánicos como pulpa de café, heces de ganado, restos estomacales de ganado, excretas humana.

La distribución de los 72 taxa identificados en los cuatro tipos de hábitat muestreados es la siguiente:

➤ **Zona de rápidos**

Muchos organismos de acuerdo con sus necesidades de oxígeno se ubican en estas zonas, como algunos miembros de las familias: Baetidae, Leptophlebiidae, Tricorythidae, Corydalidae, Hydropsychidae e Hydrobiosidae (Tabla 13).

➤ **Zona de remansos**

Las familias que prefirieron como refugio esta zona fueron: Libellulidae, Gomphidae, Calopterygidae, Naucoridae, Veliidae, Gerridae y Dytiscidae (Tabla 13); considerando que los sustratos de estas zonas son diferentes, en los rápidos generalmente se encuentran piedras de diversos tamaños y formas, y en los remansos principalmente hay arenas, gravas o limos.

➤ **Hojarasca**

La contribución relativa de los sustratos fue diferente en cada una de las estaciones de muestreo, limitada principalmente por la cantidad de hojarasca aportada por la vegetación riparia y por el desarrollo del perifitón. Estos factores se relacionan directamente con la distribución de los MAE a lo largo del lecho fluvial.

Se capturaron familias como: Planariidae, Elmidae, Staphylinidae, Ptilodactylidae, Chironomidae, Simuliidae, Empididae, Physidae y Ancyliidae (Tabla 13).

Tabla 13. Relación entre el número de individuos (ni) por familia de macroinvertebrados acuáticos y los cuatro tipos de habitats muestreados en el Río Timbío

TAXON	Z.			
	RAPIDOS	Z.REMANSOS	HOJARASCA	SUSTRATO
Planariidae	30	0	67	0
Tubificidae	764	8	147	218
Glossoscolecidae	15	0	6	16
Glossiphoniidae	0	0	21	55
Baetidae	64	14	9	0
Oligoneuriidae	5	4	8	0
Leptophlebiidae	379	126	50	0
Tricorythidae	109	63	60	3
Libellulidae	1	13	0	0
Gomphidae	15	27	0	1
Calopterygidae	4	19	3	0
Perlidae	143	46	134	3
Corydalidae	57	17	4	2
Veliidae	5	21	1	0
Gerridae	0	11	0	0
Dytiscidae	0	11	0	0
Elmidae	50	20	156	0
Staphylinidae	0	0	19	1
Ptilodactylidae	2	1	10	0
Calamoceratidae	1	5	7	0
Hydropsychidae	169	97	21	7
Leptoceridae	3	6	4	0
Hydrobiosidae	30	8	13	0
Tipulidae	4	20	21	4
Ceratopogonidae	1	5	6	0
Chironomidae	982	25	1795	214
Simuliidae	38	94	235	1
Athericidae	6	7	3	0
Physidae	1	0	507	88
Ancylidae	0	0	115	10

➤ **Sustrato**

De la clase Insecta son muy pocos los individuos que se colectan de esta forma, pues al ser removida y depositada la muestra de sustrato de las orillas, estos organismos se escapan rápidamente.

El sustrato fangoso, en su mayoría es habitado por individuos de la familia Glossiphoniidae, pues fue en el único sitio donde estuvo presente a lo largo de los muestreos.

Es evidente, la alta proporción de abundancia relativa por taxa en relación con el elevado porcentaje de habitats y sustratos combinados, esto refleja que muy pocos organismos tienen un tipo de hábitat o sustrato elegido (donde los organismos se encuentran con más frecuencia y en mayor cantidad) y que por el contrario se mueven entre los diferentes habitats muestreados. Además, estos resultados están ligados con los cambios hidrológicos que suceden a lo largo del año y con el estrés al que son sometidas las comunidades por efecto de actividades antrópicas; la distribución de los insectos acuáticos esta bastante influenciada por la alimentación, las condiciones fisicoquímicas del agua, y por factores como las altas y bajas precipitaciones (Zamora 1998).

Los pocos organismos que se determinó tienen un sustrato elegido, sólo estuvieron presentes en un hábitat muestreado, de ahí la baja abundancia relativa de éstos invertebrados en el porcentaje total del grupo. Por ejemplo, las familias Libellulidae, Gerridae y Dytiscidae solo fueron capturadas en la zona de remansos; Staphylinidae y Ptilodactylidae, sobre la hojarasca.

En general, el sistema de estudio a medida que se avanzó en el gradiente longitudinal, disminuyó la abundancia relativa de los organismos indicadores de aguas limpias y aumento la proporción de organismos indicadores de aguas contaminadas por materia orgánica y aguas negras; debido al incremento de riberas desprotegidas de vegetación

arbórea y arbustiva, al aumento de la productividad primaria y al efecto generado por actividades antropicas (Posada 1999).

5.3.4 Análisis de dominancia

En general, la dominancia en toda el área de estudio es alta, pues el índice consolidado es equivalente al 69%; ello significa que la estructura de la comunidad esta representada por pocas especies (*Orthocladinae*, *Tubifex*, *Physa*, *Thraulodes*, *Simulium*, *Anacroneuria*, *Leptonema*, *Leptohyphes*, *Tanypodinae*, *Ferrissia* y *Terpides*), donde dos de ellas (*Tubifex* y *Orthocladinae*) participan con un número representativo de individuos; lo que a su vez quiere decir, que la casi totalidad de los individuos de la comunidad recae sobre estas dos especies (Tabla 11).

Los resultados de índices de dominancia y diversidad en cada una de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Resumen integral de los índices aplicados por estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Taxa	Individuos	Dominancia	Shannon	Margalef
Estación uno	39	1526	0.1036	2.634	5.184
Estación dos	28	1229	0.195	2.092	3.795
Estación tres	19	4880	0.3953	1.247	2.119

En cuanto a los cambios espaciales, o sea a las estaciones de baja y alta intensidad antrópica se refiere, estas manifestaron un alto porcentaje de dominancia (Tabla 15). De hecho, en el caso de la estación uno se evidencian cinco familias que superan los 971 individuos; ellas son: Perlidae, Hydropsychidae, Chironomidae, Elmidae y Tricorythidae. La estación dos por su parte, reporta una representatividad del 59% con las familias Leptophlebiidae y Simuliidae. Por último la estación tres sobresale en incluir las familias

más dominantes, ellas son: Chironomidae, Tubificidae y Physidae, con un total de 4504 individuos.

En relación con los sitios en particular, es de destacar que en las dos estaciones de muestreo localizadas cerca y dentro de la zona urbana, es donde se presentan precisamente los porcentajes más altos de dominancia, valores de 0.195 y 0.395 respectivamente. Esto quiere decir, que la extracción de arena y vertimiento de aguas servidas no es aparentemente el único factor que está influyendo de manera determinante en la dominancia, pues factores como zona de vida, ciclos de vida, tipos de sustrato, aspectos climáticos en las épocas de muestreo, tipo de biota acompañante, entre otros; también están interviniendo.

Cabe resaltar, que en la estación dos en donde se práctica la extracción, fueron los Simulidos los que en general dominaron la comunidad. Tal parece, que la actividad extractiva de cierta manera favorece el asentamiento de dicho género; muy posiblemente debido en parte, a las condiciones del hábitat resultante, que incluye en mayor cantidad un sustrato arenoso y posiblemente, a la reducción de competencia y predación por la disminución o ausencia de otras poblaciones, como es el caso del género *Corydalis* (Castillo 1999).

5.3.5 Análisis de diversidad

En términos generales, con relación a la escala del índice aplicado se puede afirmar que existe una mediana diversidad de fauna bentónica en toda el área de estudio, pues sus valores arrojados para cada estación son: 2.63, 2.09 y 1.2 respectivamente (Tabla 14); resultados que están influenciados fundamentalmente por factores como: la ubicación de las estaciones de muestreo, teniendo en cuenta los cambios que normalmente se llevan a cabo de manera gradual en las comunidades lóticas, desde el nacimiento hasta la desembocadura del río, pues la tendencia generalizada es que la biota acuática sea altamente diversa en las partes altas y disminuya paulatinamente a medida que desciende a las partes bajas (Roldán 1992).

El índice de diversidad mas alto (2.63) se presentó en la estación uno. Por el contrario, las estaciones dos y tres, reportan los valores medio y bajo de diversidad (2.09 y 1.2).

Teniendo en cuenta que la diversidad de especies esta dada en función del número de especies presentes y sus abundancias relativas, es pertinente resaltar que los números más bajos de individuos fueron registrados en las estaciones dos y uno con 1229 y 1526 (16.06 y 19.98% del total de individuos colectados en toda el área de estudio).

Entre tanto, y de acuerdo a lo esperado, el sitio de muestreo con mayor número de individuos colectados fue la estación tres con 4880 (63.96% del total de la muestra).

5.3.6 Carácter bioindicador de los macroinvertebrados del Río Timbío con base en el índice de monitoreo biológico BMWP

Los resultados del análisis de calidad biológica del Río Timbío empleando el índice BMWP que considera la presencia – ausencia de taxa de macroinvertebrados acuáticos indicadores (familias) se presenta en la Tabla 15. Se reportan 49 familias para los tres sitios muestreados, de las cuales, 39 se encontraron en la estación uno, 28 en la estación dos y 19 en la estación tres.

Tabla 15. Puntuación del índice BMWP para las familias encontradas en las estaciones uno, dos y tres del Río Timbío.

ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE		
		ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Plecoptera	Perlidae	10	10	10
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10		
Trichoptera	Calamoceratidae	10		
	Glossosomatidae		10	
	Hydroptilidae		10	
	Odontoceridae	10		
Coleoptera	Psephenidae	10	10	
	Ptilodactylidae	10	10	

Continuación Tabla 15. Puntuación del índice BMWP para las familias encontradas en las estaciones uno, dos y tres del Río Timbío.

ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE		
		ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9	9	9
Trichoptera	Hydrobiosidae	9	9	
Coleoptera	Scirtidae	9		
Odonata	Gomphidae	9	9	
Diptera	Simuliidae	9	9	9
Gordioidea	Gordiidae	9		
Ephemeroptera	Baetidae	8	8	8
Trichoptera	Hidropsychidae	8	8	8
	Leptoceridae	8	8	
	Helicopsychidae	8		
Coleoptera	Dytiscidae	8		
	Dryopidae	8	8	
Odonata	Calopterygidae	8	8	
Hemiptera	Guerridae	8		
	Veliidae	8	8	
Diptera	Dixidae	8		
Ephemeroptera	Tricorythidae	7	7	
Coleoptera	Elmidae	7	7	7
	Staphylinidae	7	7	
Hemiptera	Naucoridae	7		
Diptera	Psychodidae		7	
Basommatophora	Ancylidae			7
Coleoptera	Lutrochidae	6		
Odonata	Libellulidae	6	6	
Megaloptera	Corydalidae	6	6	6
Anphipoda	Hyalellidae	6		
Tricladida	Planariidae	6	6	6
Coleoptera	Chrysomelidae	5		
Diptera	Tabanidae	5		
	Empididae	5	5	5

Continuación Tabla 15. Puntuación del índice BMWP para las familias encontradas en las estaciones uno, dos y tres del Río Timbío.

ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE		
		ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Coleoptera	Hidrophilidae	4		
Diptera	Tipulidae	4	4	4
	Ceratopogonidae	4	4	
Diptera	Muscidae			3
Basommatophora	Physidae			3
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae			3
Diptera	Chironomidae	2	2	2
	Syrphidae			2
Haplotaxida	Glossoscolecidae			2
Haplotaxida	Tubificidae		1	1
	BMWP	289	204	95
	Calidad	Muy buena	Muy buena	Aceptable

La Quebrada El Salado (estación uno), se caracteriza por sus aguas clase I, rango > 121 (289), calidad muy buena. Determinada por la dominancia de las poblaciones de organismos propios de aguas muy limpias como: Perlidae (*Anacroneuria*), Oligoneuridae (*Lachlania*), Calamoceratidae (*Phylloicus*), Ptilodactylidae (*Anchytarsus*), Hydrobiosidae (*Atopsyche*), Gomphidae (*Progomphus*), Hidropsychidae (*Leptonema*), Leptoceridae (*Nectopsyche*), Helicopsychidae (*Helicopsyche*), Dytiscidae (*Thermonectus*), Calopterygidae (*Hetaerina*), Veliidae (*Rhagovelia*), Gerridae (*Eurygerris*) y Dixidae (*Dixella*) (Tabla 15); esta fauna béntica encontrada ratifica que el sitio corresponde a un medio oligotrófico, con gran variedad en hábitats de aguas corrientes, esto es profunda-rápida, baja-rápida, baja-lenta; ofreciendo una heterogeneidad de alojamientos, que alberga una fauna muy diversa; además de poseer temperaturas bajas, aguas frías, limpias, bien oxigenadas y con gran aporte de material vegetal.

El Río Timbío antes de entrar a la zona urbana (estación dos), conserva parte de sus características fisicoquímicas y biológicas de la anterior estación; pues su calidad sigue catalogada como muy buena, excepto en la alta diversidad de especies, ya que ciertas familias de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos dejan de ser registradas y son reemplazadas por otras nuevas, estas en su defecto son indicadoras de aguas mesotróficas y eutróficas.

Aquí las familias con mayor dominancia en la población de organismos característicos de buena calidad fueron: Baetidae (*Baetis*), Leptophlebiidae (*Thraulodes*), Libellulidae (*Brechmorhoga*) y Simuliidae (*Simulium*) (Tabla 16); cuyas exigencias ecológicas incluyen, diversidad de corrientes con alto contenido de oxígeno y aportes de material vegetal al cauce.

La aparición de algunos pocos individuos pertenecientes a la familia Tubificidae (*Tubifex*) se asocia con algún tipo de afluente o vertimiento de aguas residuales domésticas, más no al ambiente propiciado por la extracción de arena. Situación que se descarta inicialmente, debido a que las condiciones fisicoquímicas en esta zona son propias de aguas con bajo grado de descomposición de materia orgánica, pues dicha familia se asocia directamente con aguas contaminadas o con altas tasas de degradación de esta.

El Río Timbío a lo largo de la zona urbana sufre una gran alteración física, química y biológica, atribuida en mayor medida a las descargas de aguas residuales provenientes de la red del alcantarillado municipal.

La estación tres se caracteriza por presentar aguas clase III, calidad aceptable, medianamente contaminadas; con tendencia a aguas contaminadas. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos se reduce a seis familias: Planariidae (*Dugesia*), Tubificidae (*Tubifex*), Glossoscolecidae (*Drilocrius*), Glossiphoniidae (*Placobdella*), Chironomidae y Physidae (*Physa*) (Tabla 16); todos ellos con un elevado número de organismos e indicadores típicos de aguas contaminadas, por ello la calidad biológica tiende a ser más baja.

Según los valores obtenidos se puede concluir que la estación tres es afectada en mayor medida por las descargas de aguas residuales, en este caso era de esperar que esta estación fuera dominada por organismos como *Tubifex*, *Drilocrius*, *Placobdella*, *Physa* y *Ferrissia*.

Es de extrañar que hayan sido reportados aunque con un número muy bajo e insignificante dentro de la muestra, organismos como *Camelobaetidius*, *Terpides*, *Anacroneuria*, *Corydalis*, *Leptonema* y *Simulium* (Tabla 15); condición atribuida a un efecto de borde.

La estación dos a pesar de encontrarse en una zona rural esta siendo afectada por cargas contaminantes debido a que en ella tienden a acumularse todos los residuos recogidos durante el trayecto del río. En el caso particular de la actividad de extracción de materiales de arrastre, la presencia de volquetas en el lecho o barra del río, afecta la fauna asociada al bosque de ribera y al espejo de agua. Además, esta clase de actividad, que no esta siendo realizada de manera controlada y adecuada, ocasiona una serie de impactos ambientales representados en: inestabilidad de orillas del cauce y modificación morfológica de los mismos, cambios en el paisaje, alteración fisicoquímica y biológica del agua, alteración de sustratos, erosión y sedimentación del cauce y variación del curso del cuerpo lótico.

Las estaciones uno y dos, a pesar de pertenecer a partes diferentes de la subcuenca presentan la misma calidad biológica de agua muy buena y muy limpia (Clase I). Sin embargo la estación uno tiene una puntuación mayor 289, en relación con la estación dos que tiene un BMWP de 204, la estación uno al presentar mayor cobertura vegetal y mayor dinámica hídrica favorecida por la pendiente del lecho, presenta mejores condiciones de hábitat y parámetros fisicoquímicos que permiten el desarrollo y establecimiento de taxa más diversos.

A pesar del buen resultado de bioindicación obtenido para la estación dos, cabe resaltar la ausencia de las familias Oligoneuriidae (*Lachlania*), Calamoceratidae (*Phylloicus*), Odontoceridae (*Marilia*) y el bajo número de individuos de la familia Perlidae (*Anacroneuria*) a comparación de la estación uno; demostrando que existen factores desfavorables para el desarrollo de individuos estenoicos relacionados con muy buenas condiciones ambientales, físicas, químicas y biológicas (Zamora 2000).

En general, y teniendo en cuenta que desde el punto de vista de bioindicación de buena calidad del agua, Roldán 1992 considera que las relaciones Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera en primer lugar y Odonata-Coleoptera-Hemiptera en segundo lugar, debido a su sensibilidad son las que mejor explican los cambios y efectos antropogénicos en los ecosistemas acuáticos, se determina que en el Río Timbío a medida que se avanza en el curso de agua, ocurren cambios en la estructura del lecho fluvial que se relacionan directamente con la disminución progresiva del número de individuos y la ausencia de algunas familias de los ordenes Ephemeroptera (Oligoneuridae), Plecoptera (Perlidae), Trichoptera (Calamoceratidae y Odontoceridae), Odonata (Gomphidae), Coleoptera (Psephenidae y Ptilodactylidae) y Hemíptera (Veliidae y Gerridae), debido a la deforestación, actividades agrícolas, pecuarias, recreativas y domésticas.

Los muestreos espaciales exhiben una degradación de los parámetros fisicoquímicos reflejados en la disminución de los valores del índice BMWP. Sobre todo en la estación tres, en donde se determinó una calidad aceptable, es decir aguas medianamente contaminadas.

Las modificaciones de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que ello conlleva, estuvieron caracterizadas principalmente por la disminución en la riqueza de taxa y la progresiva dominancia de un número limitado de organismos especialistas en tolerar los nuevos cambios en los parámetros fisicoquímicos señalados, especialmente en la estación tres, en la cual los MAE que pululan son los típicos de ecosistemas con alta carga orgánica como: *Tubifex*, Chironomidae y *Physa* (Roldán 1996).

6. CONCLUSIONES

El Río Timbío desde su nacimiento hasta la bocatoma, conserva en gran parte las características de un cuerpo de agua natural, razón por la cual es posible mejorar sus condiciones mediante un adecuado plan de reforestación y manejo de su cuenca.

A partir de aproximadamente tres kilómetros más abajo de la bocatoma hasta el puente que da entrada a la zona urbana del municipio, el mayor impacto lo ejerce la explotación de material de arrastre; atribuido a la falta de supervisión y exigencia de la normatividad ambiental por parte de entidades encargadas. También debe en este sector controlarse la emisión directa de aguas residuales y basuras en el cauce.

Las condiciones biológicas se tornan favorables para las estaciones uno y dos, pues el establecimiento de una fauna de macroinvertebrados acuáticos como Plecópteros-Ephemeropteros-Trichopteros indican características de muy buena calidad de agua.

De acuerdo con la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se establece que en las estaciones uno y dos a pesar de ser muy similares en términos de composición y densidad de géneros, difieren en términos de riqueza y diversidad de taxa, presentando mayores registros la estación uno.

La estación uno presenta condiciones propicias para el establecimiento de diversos hábitat, ya que cuenta con abundante cobertura vegetal que incrementa el aporte de material alóctono, variedad en tamaño y forma del sustrato, todas estas características ofrecen a los macroinvertebrados acuáticos mayores probabilidades de encontrar refugio y alimento en el transcurso del tiempo.

En la estación tres se acentúa el efecto de las actividades antrópicas, la fauna acuática típica de aguas limpias desaparece y empieza a ser reemplazada por organismos propios de aguas contaminadas, con altas densidades de población.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio se distribuyó en 7 clases, a saber: Insecta con el 72.86% (5563 especímenes) del total de individuos colectados; le siguieron en su orden: Oligochaeta, Gastropoda, Turbellaria, Hirudinea, Crustácea y Nematomorpha.

En general, la dominancia en toda el área de estudio es alta, pues el índice consolidado equivale al 69%; ello significa que la estructura de la comunidad está representada por pocas especies las cuales presentan una elevada abundancia.

En relación con la diversidad, en términos generales se puede afirmar que existe una mediana diversidad de fauna bentónica dentro del área de estudio, pues sus índices consolidados fueron de 2.63, 2.09 y 1.2 respectivamente; valores que están influenciados fundamentalmente por la alteración sobre el ecosistema acuático debido principalmente a actividades antrópicas.

Desde el punto de vista de bioindicación con macroinvertebrados acuáticos, la estación uno y dos, presentan una calidad muy buena con características de agua muy limpia; y la estación tres, una calidad dudosa con características de agua contaminada.

A pesar de las diferencias obtenidas, en función del tiempo y del espacio; se concluye que en términos generales las aguas del Río Timbío, en las dos primeras estaciones son relativamente limpias y claras, no contaminadas, con buena oxigenación, con un pH neutro y con relativamente baja concentración iónica y de sólidos disueltos; condiciones que las hacen aptas para el normal desarrollo de la biota acuática.

Por el contrario en la estación tres, sus parámetros registran datos alterados, presentando color y olor propio de las aguas residuales domésticas, y gran cantidad de sólidos en suspensión.

Los parámetros que presentaron mayores diferencias entre estaciones, fueron temperatura ambiental; oxígeno, saturación de oxígeno y gas carbónico disuelto; pH, alcalinidad, dureza total y turbiedad.

Con base en los niveles registrados de dureza, se concluye que se trata de aguas blandas y medianamente productivas; aspecto que sumado a los valores relativamente altos de alcalinidad (representada principalmente por bicarbonatos), ratifican un ecosistema en condiciones apropiadas para el óptimo crecimiento de la fauna béntica.

Los métodos biológicos y fisicoquímicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas, los datos analizados durante el tiempo de estudio arrojan una clara concordancia entre parámetros y el carácter bioindicador de los macroinvertebrados.

7. RECOMENDACIONES

Se considera importante la realización de este tipo de estudios durante periodos más extensos, con el fin de establecer procesos sucesionales y temporales ocurridos a lo largo del sistema.

Se recomienda realizar muestreos en la parte alta y baja de la subcuenca del Río Timbío para completar la distribución y conocimiento de los géneros de macroinvertebrados acuáticos, al igual que monitoreos físicos y químicos para evaluar la calidad de sus hábitats.

Continuar los estudios en el campo de la entomología, en razón a la gran importancia de adquirir conocimientos de este tipo de fauna en los campos de: Taxonomía y ecología en relación con áreas como: La economía, salud pública, impacto ambiental, política y normatividad ambiental; entre otras.

Es importante complementar este tipo de estudios con la formulación de diagnósticos ambientales que incluyan listas de chequeo, matrices de impacto a lo largo de la fuente hídrica; para identificar impactos específicos existentes por actividades antrópicas.

Aprovechar los resultados del presente trabajo, con el fin de corroborar y argumentar el gran problema que esta causando el vertimiento directo de las aguas residuales sobre el recurso hídrico; y de la necesidad de poner en marcha la construcción de la planta de tratamiento y darle un manejo adecuado para evitar que los residuos resultantes de esta, contaminen otras fuentes de agua.

Es importante y estratégico, diseñar y ejecutar programas o grandes proyectos de investigación de carácter interdisciplinario e interinstitucional en los que se retomen este tipo de problemas ambientales, pero abordando y profundizando a la vez diferentes tópicos

estrechamente relacionados, tales como: aspectos hidrológicos, relación del régimen pluviométrico con volúmenes y frecuencia de las actividades antrópicas, determinación de bioindicadores, relación del beneficio económico de la actividad antrópica con el costo ambiental producido por ella, entre otros. Para tal efecto, sería ideal en el caso de la universidad, lograr integrar varios trabajos de grado en esta clase de proyectos.

Promover conocimientos, ordenación y administración del recurso hídrico, incluyendo su fauna y componentes asociados, para atender los requerimientos sociales y económicos del municipio, en términos de calidad y cantidad, manteniendo el equilibrio entre la oferta y la demanda.

Generar cambios de actitud y comportamiento mediante procesos de educación formal y no formal, apoyando y fortaleciendo procesos de participación comunitaria que garanticen la preservación, conservación y uso racional de los recursos naturales y el ambiente para avanzar hacia el desarrollo humano sostenible dentro del municipio.

8. BIBLIOGRAFIA

Benítez, J. 2000. Determinación del grado de contaminación del Río Pambio Municipio de Timbío, con base en la identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Trabajo de grado. Programa de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán. 110 p.

Campo, T.; Vidal, L. 1998. Caracterización fisicoquímica y de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del Río Timbío sector comprendido entre la unión y puente Timbío Departamento del Cauca. Trabajo de grado. Programa de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán. 98 p.

Campuzano, M. 2004. Calidad biológica y fisicoquímica del Río Grande en el área de influencia del Municipio de Púrace – Coconuco Departamento del Cauca. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca. Popayán. 105 p.

Castillo, M. 1999. Evaluación del efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua, en el Río Los Robles, Departamento del Cauca. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Instituto de Estudios de Posgrado. Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales. Universidad del Cauca. Popayán. 126 p.

Castillo, M. 2000. Guía para la formulación de proyectos de investigación. Boletín ALMA MATER, órgano informativo de la Universidad del Cauca. Popayán. 25 p.

Córdoba, N. 2003. Diagnóstico limnológico y ambiental preliminar de la microcuenca del Río Timbío. Municipio de Timbío. Departamento del Cauca. 56 p.

Córdoba, V. 2000. Restauración ecológica y educación ambiental en la parte alta de la microcuenca del Río Timbío (vereda Las Estrellas, Salado). Municipio de Timbío. Departamento del Cauca. 88 p.

Chará, J. 2003. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali, Colombia. 42 p.

Fernández, H.; Domínguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. 146 p.

Guisande, C. 2006. Tratamiento de datos. Universidad de Vigo. Díaz de Santos. España. 356 p.

Longo, M. 2007. Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y determinación de las características físicas y químicas durante un ciclo anual en un río intermitente. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Instituto de Estudios de Posgrado. Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales. Universidad del Cauca. Popayán. 109 p.

Martínez, P. 2003. Efectos del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad biológica de la Quebrada Quitacalzon (Municipio de Popayán). Trabajo de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca. Popayán. 91 p.

MINAMBIENTE. 2002. Guía ambiental para sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas municipales. Serie: prevención y control de la contaminación. Bogotá. Colombia. 29 p.

Moliner, A.; Camacho, A. 2002. Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente. España. 208 p.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. 77 p.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT). 1999. Municipio de Timbío. Departamento del Cauca. Republica de Colombia. 259 p.

Polindara, M.; Chicangana, M. 1988. Contaminación del Río Timbío con base en las características fisicoquímicas y su efecto ambiental (zona urbana municipio de Timbío). Trabajo de grado. Programa de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán. 92 p.

Posada, J.; Roldán, G. y Ramírez, J. 1999. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín. 29 p.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 529 p.

----- . 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia / Colciencias / Universidad de Antioquia. Medellín. 217 p.

Vásquez, G. L. 2001. Evaluación de la calidad de las aguas naturales. Significado y alcances en la determinación y análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos

fundamentales. >Guía de laboratorio. Departamento de Biología. Universidad del Cauca. Popayán. 49 p.

Zamora, H. 2000. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Unicauca Ciencia 4(1). Popayán. 13 p.

-----, 2001. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. Unicauca Ciencia 6. Popayán. 21 p.

-----, 1998. Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del Río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. Unicauca Ciencia. Volumen 3. Popayán. 18 p.