

**MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL
AGUA EN LAS QUEBRADAS LA CABAÑA Y LA GAITANA, CUENCA DEL RÍO
ULLUCOS, MUNICIPIO DE INZÁ, CAUCA.**



ELCY YOLANDA BOLAÑOS GONZALEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2017**

**LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL
AGUA EN LAS QUEBRADAS LA CABAÑA Y LA GAITANA, CUENCA DEL RÍO
ULLUCOS, MUNICIPIO DE INZÁ, CAUCA.**

ELCY YOLANDA BOLAÑOS GONZALEZ
Proyecto de grado, requisito para optar el título de
Bióloga

Director:
Mg. DIEGO FERNANDO SALAZAR COTACIO

Co- directora:
Mg. MARIA DEL PILAR RIVAS PAVA

Asesor (a):
Biol. LEISLY KATHERIN RUIZ MONTOYA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2017**

Nota de aceptación

Director _____
MSc. Diego Fernando Salazar Cotacio

Jurado _____
MSc. Jhonatan Gutierrez Garaviz

Jurado _____
Biol. Karina Burbano Joaqui

Fecha de sustentación: Popayán 10 mayo 2017

Dedicatoria

“A mi hija Marianita, la inspiración de este trabajo”

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la existencia y por conocer la ciencia de la vida.

A mis padres Abelino y Mercedes, quienes lucharon día a día para darme mejores oportunidades de vida, que a pesar de todas las circunstancias siguieron apoyándome y no dejaron de creer en mí. Y en especial agradezco la existencia de mi hija Mariana que es el motor de mi vida.

A mis hermanas Alexandra y Francly, mis sobrinas Lisseth, Aleja y Chavela, por su apoyo incondicional y consejos que me ayudaron a formarme como persona. A Julio que a pesar de todos los problemas siempre ha estado conmigo, apoyándome en cada paso que doy.

A Diego Salazar, por aceptar ser mi director y por sus valiosos aportes.

A la profe Pilar Rivas mi codirectora, por sus buenos consejos y aportes para el desarrollo de este trabajo.

A Katherinn Ruiz por ser mi asesora y amiga, gracias por su amistad y su colaboración.

Al magister Jhonatan Gutierrez y a la bióloga Karina Burbano por aceptar ser mis evaluadores y por sus valiosos aportes en este trabajo de investigación.

A mis amigos (as) Johanna, Lorena, Marthika, Angela, Maye, Dalhila, Fernanda, Jimmy, Helena, Nicolas, Afi, Pablo, Toñito, Omar, Adrianas y a todos aquellos con los que compartí durante todo este tiempo.

A cada uno de los profesores del Programa de Biología por compartir sus conocimientos, gracias a ellos por demostrar que no solo son maestros sino también amigos.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS.....	4
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
5. MARCO CONCEPTUAL	5
5.1 MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.....	5
5.2 MÉTODO DE BIOINDICACIÓN BMWP/COL.....	6
5.3 MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD ALFA.....	8
5.4 MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD BETA	9
6. ANTECEDENTES O ESTADO DEL ARTE	10
7. MATERIALES Y METODOS	12
7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
7.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE MUESTREO.....	12
7.3 FASE DE CAMPO	14
7.4 FASE DE LABORATORIO	15
7.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	15
8. RESULTADOS Y DISCUSION	16
8.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN GENERAL.....	16
8.2 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA CABAÑA	18
8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA GAITANA	22

8.4 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA, METODOLOGÍA BMWP/COL (ZAMORA 2007)	26
8.4.1 Calidad biológica del agua (BMWP/COL) quebrada la Cabaña.....	26
8.4.2 Calidad biológica del agua (BMWP/COL) quebrada la Gaitana.....	27
8.5 ÍNDICES DE DIVERSIDAD ALFA	29
8.6 ÍNDICES DE DIVERSIDAD BETA	31
9. CONCLUSIONES	33
10. RECOMENDACIONES	34
11. BIBLIOGRAFIA.....	35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa hidrográfico Municipio de Inzá.....	12
Figura 2. Vertiente La Cabaña, tramos de muestreo.....	13
Figura 3. Vertiente La Gaitana, tramos de muestreo.....	14
Figura 4. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en las dos quebradas.....	16
Figura 5. Porcentaje total de abundancia de los géneros presentes en las dos quebradas; La Cabaña y La Gaitana	17
Figura 6. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en la quebrada La Cabaña.	19
Figura 7. Abundancia de géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada La Cabaña	19
Figura 8. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en la quebrada La Gaitana.....	22
Figura 9 Abundancia total de los géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada la Gaitana	24
Figura 10. Calidad biológica del agua BMWP/Col quebrada La Cabaña.	27

Figura 11. Calidad biológica del agua BMWP/Col quebrada La Gaitana.....	28
Figura 12. Valores de los índices diversidad de Shannon y riqueza de Margalef quebrada La Cabaña	29
Figura 13. Valores de los índices diversidad de Shannon y riqueza de Margalef quebrada La Gaitana.....	30
Figura 14. Dendrograma de similaridad de Bray-Curtis para los géneros de macroinvertebrados acuáticos	32

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema para la determinación del índice de monitoreo biológico BMWP/Col	6
Tabla 2. Clases, valores y características para las aguas clasificadas mediante el índice BMWP adaptado para Colombia.....	8

ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Listado de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada la Cabaña.....	41
Anexo B. Listado de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada la Gaitana.	43
Anexo C. Puntaje BMWP/Col para los macroinvertebrados acuáticos.....	45
Anexo D. Valores del índice de diversidad de Shannon y Margalef quebrada la Cabaña.....	47
Anexo E. Valores del índice de diversidad de Shannon y Margalef quebrada la Gaitana	47

Anexo F Coordenadas geográficas de las dos quebradas de muestreo.....	47
Anexo G Imágenes de macroinvertebrados acuáticos.....	47
Anexo H. Imágenes del área de estudio quebrada la Cabaña.....	49
Anexo I. Imágenes del área de estudio quebrada la Gaitana.....	50

RESUMEN

Se determinó la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (MAEs) y su relación con la calidad biológica del agua en dos quebradas: La Cabaña y La Gaitana; los muestreos se realizaron entre septiembre y diciembre de 2015. Las dos vertientes pertenecen a la cuenca del Río Ullucos, ubicada entre 3500 y 1200 msnm, del Municipio de Inzá- Cauca y corresponden según Holdridge (1978) a un bosque húmedo montano bajo (bh-MB)

En cada uno de los tramos se colectaron MAEs siguiendo la metodología propuesta por Domínguez (2009); se determinó la calidad biológica del agua por medio del índice BMWP, la diversidad y riqueza por medio de los índices de Shannon- Weaver y de Margalef, se comparó las composiciones de los tramos de muestreo por medio de la similaridad de Bray Curtis. Se colectaron 1061 Individuos. En la quebrada La Cabaña el orden Odonata, familia Coenagrionidae, género *Argia* fue el más abundante y el orden Díptera, familia Tipulidae obtuvo mayor riqueza. En la quebrada La Gaitana la abundancia fué para Orden Amphipoda, familia Hyallelidae, género *Hyallela* y la riqueza para el orden Díptera.

El índice BMWP permitió determinar que estos ecosistemas acuáticos son de muy buena calidad en aquellas zonas donde hay mayor cobertura vegetal y buena calidad cuando esta disminuye. Los índices de diversidad Shannon y riqueza de Margalef presentaron valores medios para los dos ecosistemas debido a las condiciones autóctonas del medio como la disponibilidad de alimento y depredadores además de las actividades antrópicas asentadas alrededor de estos. La similaridad de las dos quebradas fue alta para los tramos uno y dos, respectivamente; posiblemente debido que son receptores de desechos orgánicos producidos por los sistemas agropecuarios y ganaderos establecidos alrededor de estos ecosistemas.

Palabras clave: Macroinvertebrados acuáticos, bioindicadores, calidad biológica, índice BMWP

1. INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden ver a simple vista, dentro de estos se encuentran los Porífera, Hidrozoa, Turbellaria, Oligochaeta, Hirudinea, Insecta, Arácnida, Crustácea, Gasterópoda y Bivalva (Roldán *et al.* 2008). Estos organismos se asocian a cuerpos de agua, su presencia, abundancia y comportamiento se relaciona con la calidad fisicoquímica del agua, la disponibilidad de hábitat adecuado, fuentes de alimentación y la presencia de depredadores, competidores y parásitos en arroyos y ríos, (Roldán 2003, Domínguez y Fernández 2009). Convirtiéndose en una herramienta para determinar la calidad y el nivel de afectación de un ecosistema acuático (Bonada *et al.* 2006).

Los grados de alteración de los ecosistemas acuáticos se deben principalmente a los factores antrópicos como las actividades agropecuarias, los desechos industriales y domésticos (Roldán 1992). Los organismos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas (Montoya *et al.* 2010). Para medir los efectos de estas actividades se han implementado técnicas como la bioindicación a través de la evaluación biológica de las comunidades bióticas, permitiendo obtener un conocimiento del estado biológico de la calidad del agua (Roldán *et al.* 2008).

El uso de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua se basa en el hecho que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará en las estructuras de las comunidades que allí habitan (Roldán *et al.* 2008). Por esta razón es importante conocer el estado ecológico de estos ecosistemas, e identificar, caracterizar y evaluar el grado de perturbación antrópica por medio de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos que permiten evaluar la calidad del agua por el método BMWP/Col. (Zamora 2007)

El estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y su uso como herramientas para evaluar la calidad biológica del agua permite desarrollar programas de conservación y restauración de los cuerpos hídricos destinados para el consumo humano, uso agrícola y abastecimiento de agua para animales, como es el caso de las veredas de El Carmen y Tierras Blancas en el municipio de Inzá, Cauca. En este sentido, este trabajo busca evaluar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en las quebradas La Cabaña y La Gaitana pertenecientes a la cuenca del río Ullucos, municipio de Inzá, Cauca.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua es uno de los métodos más usados en la evaluación de los impactos ambientales causados por el desarrollo de actividades antrópicas que en alguna forma afectan los ecosistemas acuáticos (Roldan 1988). Tales actividades como la deforestación, el cambio en el uso del suelo y la introducción de especies exóticas han promovido cambios en los ecosistemas acuáticos, vulnerando la calidad y cantidad de agua, así como la presencia de organismos (Alta y Río 2012).

En la cuenca del río Ullucos se observa una disminución de cobertura del bosque nativo a causa de la deforestación para el establecimiento de potreros para ganadería extensiva, cultivos agrícolas, y plantaciones de pino (*Pinus patula*), estos cambios en el uso del suelo afectan negativamente el ecosistema terrestre y acuático. Generando alteraciones en la calidad del agua y el estado de salud de la microcuenca, lo cual repercute sobre las comunidades de macroinvertebrados que se desarrollan en estos cuerpos de agua.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea este trabajo investigativo con el propósito de evaluar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en términos de composición y estructura, así como determinar la calidad biológica del agua mediante la implementación del índice BMWP/Col (Zamora 2007), en las quebradas La Cabaña y La Gaitana pertenecientes a la cuenca del río Ullucos municipio de Inzá, Cauca. De esta manera se buscan responder el siguiente interrogante.

¿Cuál es la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en estos ecosistemas hídricos afectados por actividades antrópicas?

¿Se puede determinar niveles de contaminación en los tramos de muestreo en las quebradas, La Cabaña y La Gaitana, implementado el método BMWP/Col, modificado por Zamora (2007)?

3. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas dulceacuícolas son uno de los recursos naturales más importantes para la vida. A pesar de su importancia, estos ecosistemas han sufrido grandes impactos causados por las actividades humanas, los cuales afectan directamente la biota acuática y la calidad de las fuentes hídricas. Actualmente, las comunidades biológicas, como los macroinvertebrados acuáticos, han sido destacadas como indicadores de las condiciones ambientales, ya que, su presencia refleja las condiciones que prevalecen en el ambiente donde viven (Roldán, 1999), como las condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (Barbour et al., 1999).

El conocimiento de la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan y los estudios basados en su taxonomía y distribución, proveen información importante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio (Castellanos y Serrato 2008). Pero a pesar de su importancia, la información disponible de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el trópico es aún insuficiente y la poca información que existe al respecto, siendo así un campo poco conocido (Roldán *et al.* 2001) y aun siendo más escasa la información publicada respecto a su dinámica en cabeceras y nacimientos de ríos (Castellanos y Serrato 2008).

Las quebradas la Gaitana y la cabaña corresponden a sistemas altoandinos cuya importancia radica a que son ecosistemas estratégicos para la producción de agua y conservación de la biodiversidad, a pesar de esto, el ecosistema está siendo impactado negativamente por actividades antrópicas como la agricultura, ganadería, explotación forestal etc., que afectan la calidad de regulación hídrica y la calidad biológica del agua; sin embargo, estas quebradas son hábitats potenciales de comunidades de animales vertebrados e invertebrados (Castellanos y Serrato 2008).

En el municipio de Inzá son muy pocos los estudios de investigación realizados en el tema de limnología, especialmente en la caracterización de macroinvertebrados en zonas altoandinas, por tal razón con este trabajo se pretende conocer y dar información sobre la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica de agua que presentan los cuerpos hídricos de la región mediante la aplicación del método BMWP/Col. Este trabajo servirá de línea base para posteriores trabajos o investigaciones sobre cambios o transformaciones en estos ecosistemas basados en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, así como elaboración de planes de conservación que favorecerán a las veredas de El Carmen y Tierras Blancas.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en las quebradas La Cabaña y La Gaitana pertenecientes a la cuenca del Río Ullucos, Municipio de Inzá, Cauca.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados de las dos quebradas objeto de estudio.
- Determinar la calidad biológica del agua con base en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mediante el índice BMWP/Col.
- Comparar la composición, diversidad, abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos de las dos quebradas así como su calidad biológica.

5. MARCO CONCEPTUAL

Los ecosistemas dulceacuícolas son considerados uno de los recursos naturales más importantes para la vida. En términos de su valor biológico, estos ecosistemas también se destacan por contener una biota rica y variada, incluyendo una alta diversidad de peces y otros vertebrados, y una mayor diversidad de invertebrados, plantas y algas. El transporte de partículas disueltas y materia orgánica producida desde la cabecera hasta la desembocadura de los ecosistemas hídricos, genera una estrecha relación entre el río y el ecosistema terrestre. De hecho la vegetación ribereña se encuentra más conectada a la vida dentro del río que a la que sucede fuera de él, ejerciendo un papel fundamental en la cadena trófica de estos ambientes (Alta y Río 2012)

5.1 MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

La comunidad de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos es altamente diversa, y debido a sus requerimientos y características especiales, pueden servir como guía para conocer y determinar el estado ecológico de estos (Roldan 1992). La heterogeneidad física y química de los ecosistemas incluyendo el sustrato y la velocidad de la corriente en el canal de un río, son un factor importante que puede influenciar la diversidad biótica de este (Pino *et al.* 2003). Por tanto, cualquier alteración que el hombre cause en ella, repercute en la estructura de las comunidades que la habitan (Roldán 2003).

Para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos, han sido utilizados los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de las condiciones ambientales, porque reflejan las condiciones físicas, químicas y bióticas e integran y acumulan los efectos de diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales. Estas valoraciones presentan ventajas en relación a otros tipos de medidas de calidad de agua, porque se realizan con organismos indicadores del medio en que habitan, los cuales están integrados al recurso durante toda su vida, y de esta forma pueden reflejar las fluctuaciones de contaminación. Los macroinvertebrados son una comunidad sensible a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat (Alta y Río 2012).

Los hábitats acuáticos son muy variados y a cada uno de ellos corresponde una comunidad determinada, así por ejemplo, algunos viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación; otros habitan en las orillas, adheridos a la vegetación emergente o sumergida. Otros viven sobre la superficie del agua, en tanto otros nadan en ella como los peces. Otros se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Unos prefieren corrientes rápidas, en tanto que otros lo hacen en aguas quietas o en remansos de los ríos. La fauna acuática que se encuentra en remansos es, por tanto, muy

diferente a la de las corrientes, así como la de los fondos lodosos, pedregosos o en zonas ribereñas (Roldán 2003).

5.2 METODO DE BIOINDICACIÓN BMWP/CoI.

El Método Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad de agua usando los macroinvertebrados como indicadores. (Montoya *et al.* 2010).



Este índice está basado en la utilización de familias de macroinvertebrados epicontinentales (MAEs). El puntaje va de 1-10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más sensibles a la contaminación reciben un puntaje de 10, en cambio las más tolerantes reciben un puntaje de 1. La puntuación se asigna de acuerdo al grado de bioindicación. La suma de los puntajes de todas las familias en un sitio dado da el puntaje del BMWP para dicho sitio. Basados en el conocimiento que actualmente se tienen en nuestro país de los diferentes grupos de macroinvertebrados se ha adaptado para Colombia esta metodología como una medida de evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos (Zamora 2007) (Tabla 1 y 2).

TABLA 1. SISTEMA PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE MONITOREO BIOLOGICO BMWP/CoI (ZAMORA 2007)

ORDENES	FAMILIA	PUNTOS
Plecóptera Ephemeroptera Trichoptera Coleóptera Odonata Díptera Hidroida <i>Acarí</i>	Perlidae. Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae. Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae Polythoridae Blepharoceridae Hidridae (Cl: Hydrozoa) Lymnessiidae (Cl: Arachnoidae o Hidracarina)	10
Ephemeroptera Odonata Trichoptera Díptera Coleóptera Gordioidea Lepidóptera Mesogastropoda	Leptophlebiidae, Ephemeridae Megapodagrionidae, Gomphidae, Coenagrionidae Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae Simuliidae Gyrinidae, Scirtidae Gordiidae, Chordodidae (Cl: Nematomorpha) Pyalidae Ampullariidae (Cl: Gastropoda)	9

Hirudiniformes	Hirudinae (Cl: Hirudinea)	
Ephemeroptera Odonata Trichoptera Coleóptera Hemíptera Díptera Decápoda Basommatophora	Baetidae, Caenidae Lestidae, Calopterygidae Helicopsychidae, Hidropsychidae, Leptoceridae Dytiscidae, Dryopidae Pleidae, Hebridae, Saldidae, Guerridae, Veliidae Dixidae Palaemonidae, Pseudotelpusidae Chilinnidae (Cl: Gastropoda)	8
Ephemeroptera Trichoptera Coleóptera Odonata Hemíptera Díptera Basommatophora Mesogastropoda	Tricorythidae, Leptohiphidae Polycentropodiade Elmidae, Sthaphylinidae Aeshnidae Naucoridae, Notonectidae, Mesolveiidae, Corixidae Psychodidae Ancylidae, Planorbidae (Cl: Gastropoda) Melaniidae, Hidrobiidae (Cl: Gastropoda)	7
Coleóptera Odonata Hemíptera Díptera Megaloptera Decápoda Amphipoda Tricladia	Limnichidae, Lutochidae Libellulidae Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae Dolichopodidae Corydalidae, Sialide Atyidae (Cl: Crustácea) Hyalellidae (Cl: Crustácea) Planariidae, Dugesidae	6
Coleóptera Díptera Basommatophora	Curculionidae, Chrysomelidae, Haliplidae Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae Thiaridae (Cl: Gastropoda)	5
Coleóptera Díptera Basommatophora	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae Tipulidae, Ceratopogonidae Limnaeidae, Sphaeridae (Cl: Gastropoda)	4
Díptera Basommatophora Glossiphoniiformes	Culicidae, Muscidae, Sciomizidae Physidae (Cl: Gastropoda) Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae	3
Díptera Haplotaxida	Chironomidae, Ephydriidae, Sciomizidae Todas las familias (excepto tubifex)	2
Haplotaxida	Tubificidae (Tubifex)	1

TABLA 2. CLASES, VALORES Y CARACTERÍSTICAS PARA LAS AGUAS NATURALES CLASIFICADAS MEDIANTE EL ÍNDICE BMWP ADAPTADO PARA COLOMBIA.

CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERÍSTICAS	COLOR CARTOGRAFICO
I	>121	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro 
II	101≥120	Buena	Aguas limpias	Azul claro 
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde 
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo 
V	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja 
VI	≤15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo 

5.3 MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD ALFA

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividieron en dos grandes grupo: 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad (Moreno 2001).

Medición de la riqueza específica

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el

número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces se recurre a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad. Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad (Moreno, 2001).

Índice de Shannon-Weaver:

En ecología el término de diversidad, en general se refiere a la diversidad de especies, expresando el número de poblaciones y sus abundancias relativas.

La idea de diversidad de especies está basada en la suposición que las especies influyen unas de otras y al medio, y esto se puede ver con los números de especies presentes y sus abundancias relativas (McNaughton y Woelf, 1979).

El índice de diversidad oscila entre 0.0 y 5.0 y debe interpretarse de la siguiente manera:

0.0-1.5 Baja diversidad	————→	Alta contaminación
1.6-3.0 Mediana diversidad	————→	Mediana diversidad
3.1-5.0 Alta diversidad	————→	Baja contaminación

(Campuzano 2004).

5.4 MEDICION DE DIVERSIDAD BETA:

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medida fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Marrugan, 1988). El índice de similaridad de Bray Curtis compara las composiciones de los macroinvertebrados y enfatiza en la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo.

6. ANTECEDENTES O ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial se han realizado diversos estudios encaminados a estudiar la composición y estructura de los macroinvertebrados, como en el caso de Varcárcel 2011 que evaluó la degradación de los ecosistemas dulceacuicolas en la baja cuenca del río Uctubamba (Amazonas Perú) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos es así como Varcárcel determinó diferentes niveles de degradación de los ecosistemas lóticos que no afectaron de manera significativa la presencia de algunos macroinvertebrados acuáticos lo cual se evidenció mediante el índice BMWP/Col que caracterizó este ecosistema como buena calidad, la variable temporalidad determinó la riqueza y abundancia de estos organismos.

En Colombia se han realizado diversos trabajos de investigación encaminados a estudiar la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad biológica de las aguas naturales, así Campuzano (2004), determina la calidad biológica y fisicoquímica del Río grande en el área de influencia del municipio de Puracé- Coconuco, durante su recorrido se encontraron problemas como vertimientos de aguas termales, aguas residuales domésticas e industriales y actividades de tipo agropecuario, por tanto las poblaciones de macroinvertebrados se vieron afectados tanto en riqueza como en diversidad en las diferentes estaciones.

Villareal (2007), determinó los efectos de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad biológica y fisicoquímica de la quebrada Lavapies municipio Sibundoy Putumayo, en este ecosistema se arrojan aguas residuales de origen doméstico y de excrementos de animales producidos por los habitantes de la zona, se determinó que es un sistema meso-eutrófico, presentó dominancia de Diptera (Chironomidae), Haplótaxide y Gastropoda que son organismos que habitan aguas con concentraciones muy bajas de oxígeno.

Posteriormente Posada y Parra (2008) determinaron la taxonomía y la ecología de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en la Zona del Paramo de Frontino en Antioquia, se reportaron nuevos géneros para Colombia: *Hydrozetes* (Acari: Eremaeidae) y para Antioquia: *Anomalocomoecus* (Trichoptera: Limnephilidae), *Pseudosmittia* y *Metriocnemus* (Diptera: Chironomidae: Orthoclaadiinae). El segundo registró para Colombia de *Paraheptagyia* (Chironomidae: Diamesinae). Así mismo Castellanos y Serrato (2008), realizaron un estudio para determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río ubicado en el páramo de Saturban, Norte de Santander, donde encontraron que la comunidad de macroinvertebrados estaba conformada por 63 Taxones, concluyendo que el nacimiento presentó una diversidad biológica moderada y una dominancia baja.

Feriz y Ortega (2009), determinaron la calidad de agua de la quebrada la Cantera Cauca-Colombia, empleando comunidades de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos como indicadores, el análisis concluyó que es un sistema acuático meso-eutrófico, debido al deterioro del hábitat por problemas como la contaminación doméstica y las basuras. Los datos fisicoquímicos no mostraron cambios significativos caracterizándola como aguas blandas poco productivas.

Sanabria (2010), determinó los diferentes taxa de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada la Chapa, corregimiento de Loboguerrero, mediante el análisis de la diversidad, abundancia y riqueza de los géneros presentes, además se determinó la calidad biológica del sistema que aportan agua a innumerables especies vegetales. Se colectaron 1566 individuos, el orden predominante fue el Trichoptera. En cuanto a la calidad biológica según el índice BMWP se determinó que el sistema hídrico presenta una buena calidad y aguas de características limpias.

Seguidamente Zuñiga (2012) evaluó la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca el Quebradon del municipio de San Agustín, empleando el BMWP/Col (Zamora 2007) y aplicando pruebas fisicoquímicas hídricas, se colectaron macroinvertebrados acuáticos y se determinó que Trichoptera y Odonata tuvieron mayor riqueza se determinó que este cuerpo de agua tiene una calidad biológica muy buena, que no hay contaminación importante y la intervención humana no parece afectar de manera decisiva la calidad de la misma.

Para el municipio de Inzá, Salazar (2015), realizó un estudio en la microcuenca La Chorrera, vereda El Socorro, corregimiento de Turminá, con el objetivo de evaluar el efecto de la vegetación riparia sobre la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad de agua, se colectaron 1801 individuos siendo las más abundante la familia Baetidae, los parámetros fisicoquímicos determinaron que esta microcuenca está en un nivel oligo-mesotrófico, se concluyó que la estructura y composición de estos organismos está determinada por la vegetación riparia, disponibilidad de hábitats e influencia de factores antrópicos.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La vereda El Carmen se encuentra ubicada entre altitudes de 2408 y 2499 msnm, con una temperatura promedio de 15°C, una precipitación media anual de 1800 mm, localizada en la zona occidente del Municipio de Inzá - Cauca, ubicada entre los km 65- 80 vía Popayán - Inzá, en un bosque húmedo montano bajo (bh-MB) según Holdridge (1978)(Figura 1) (EOT 2003).

En la zona de estudio las temporadas de altas y bajas precipitaciones no son tan marcadas, debido a la topografía de la zona que recibe aire caliente proveniente de las zonas bajas provocando continuas lluvias (Moncho *et al* 2009).

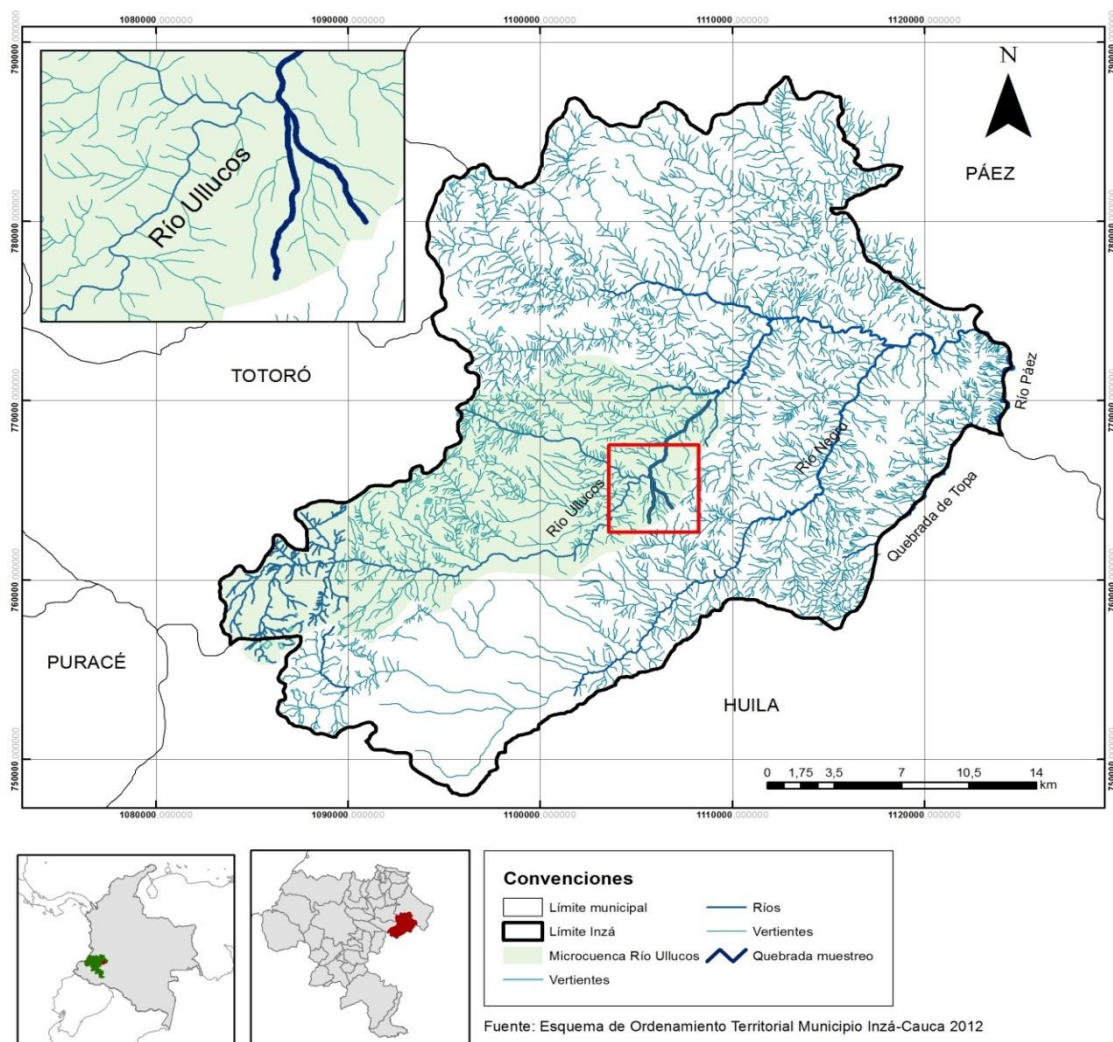


Figura 1. Mapa hidrográfico municipio de Inzá. Fuente esquema de ordenamiento territorial EOT municipio de Inzá 2012.

7.2 DESCRIPCION DE LAS ÁREAS DE MUESTREO

Quebrada La Cabaña. Ubicada a una altitud de 2499 msnm (N: 02°29,424', W: 076°06,048'), su longitud es de 1,5 km aproximadamente (aprox). Se establecieron tres tramos de muestreo de 100 m cada uno con una distancia de 500 m aprox entre estos (parte alta, media y baja) (Anexo F y H), ubicados antes de la bocatoma del acueducto surtidor. Se caracteriza por tener una cobertura vegetal escasa, sus aguas son transparentes, frías y pocos profundos (80 cm) con corriente suave, además hay presencia de sistemas ganaderos de pequeña escala aledaños a este ecosistema (Figura 2).

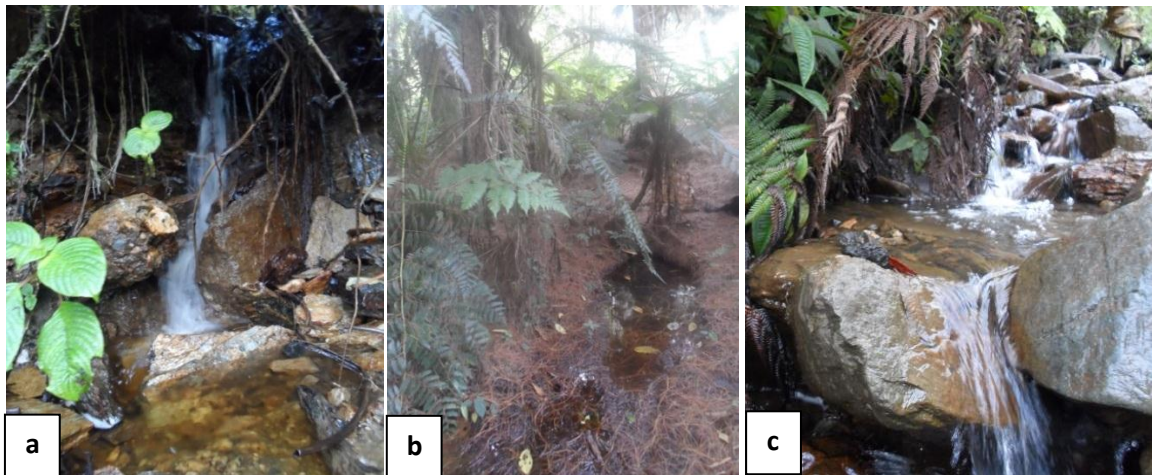


Figura 2. Vertiente La Cabaña, tramo de muestreo uno (a), dos (b) y tres (c), vereda El Carmen. La deforestación y el cambio en el uso del suelo ocasionan la desaparición de la vegetación riparia.

Quebrada La Gaitana. Ubicada a una altitud de 2408 msnm (N: 02°29, 747', W: 76°06,060'), tiene una longitud de 2 km aproximadamente. Se establecieron tres tramos de muestreo de 100 m cada uno con una distancia de 650 m aprox entre estos (parte alta, media y baja) (Anexo F e I). Se ubica dentro de un ecosistema en proceso de sucesión secundaria. Este sistema hídrico es utilizado para el abastecimiento de agua comunitario de las veredas El Carmen y Tierras Blancas. La cobertura vegetal es abundante. Se observó que aledaño a esta zona se encuentran cultivos como arveja, mora, maíz, tomate de árbol, y frijol. En el primer tramo de muestreo hay acceso directo de animales a esta fuente hídrica que afecta negativamente la calidad de la misma por defecación y posterior lavado de este material (Figura 3).

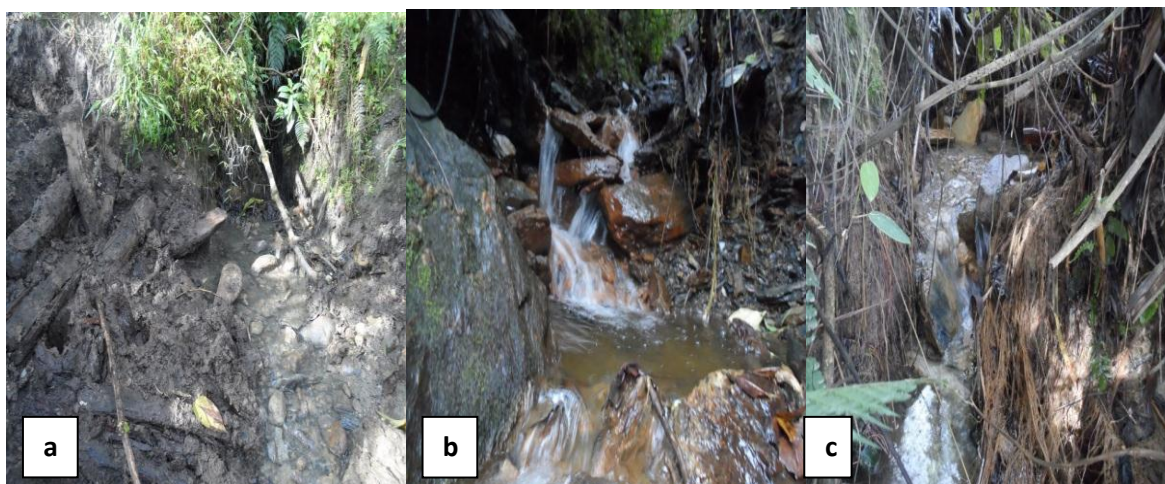


Figura 3. Vertiente La Gaitana, tramo de muestreo uno (a), dos (b) y tres (c), vereda El Carmen. La ganadería intensiva y el establecimiento de actividades agropecuarias ocasionan cambios en el sistema acuático.

7.3 FASE DE CAMPO

Los muestreos se desarrollaron entre septiembre y diciembre de 2015, incluyendo temporadas de altas y bajas precipitaciones. Se efectuó un muestreo mensual y se colectaron muestras en los tres tramos seleccionados de cada quebrada estudiada, lo que finalmente representó un total de 24 muestreos.

Para la recolección de macroinvertebrados se siguió la metodología propuesta por Domínguez *et al.* (2009). Se utilizó la red de pantalla de 2500 cm² con ojo de 0.5 mm, utilizada para las muestras cuantitativas. En cada zona de muestreo se colectaron manualmente macroinvertebrados acuáticos en diferentes sustratos como hojarasca, troncos, grava y raíces de macrófitas, la grava, guijarros y arenas gruesas fueron removidos con la mano o pie y la corriente llevó los organismos y partículas hacia la red. El área de muestreo es de 1 m² por cada tramo, el tiempo de muestreo fue de 20 minutos, removiendo el sustrato para la captura de macroinvertebrados acuáticos, se preservaron en recipientes plásticos con alcohol al 70% por cada tramo de muestreo con las respectivas etiquetas que incluyeron: localización geográfica, zona de muestreo, fecha y hora.

7.4 FASE DE LABORATORIO

Para la identificación de macroinvertebrados acuáticos presentes en las muestras, se realizó la separación manual, bajo estereoscopio en el laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca. La identificación se efectuó con la ayuda de claves y guías especializadas en el estudio de estos organismos (Moisan 2010, Ramírez 2010, Domínguez *et al.* 2009, Gonzales *et al.* 2008,

Roldan 1988,). Se determinó hasta el menor taxón posible (género), teniendo en cuenta el número total de individuos por familia y género; así como, el número total de individuos presentes en las muestras obtenidas en las dos vertientes.

7.5 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos permitieron comparar la composición y estructura de la fauna presente en las dos quebradas de las veredas El Carmen y Tierras Blancas, e implementar el índice BMWP/Col para determinar la calidad biológica de este ecosistema.

Estos datos se analizaron de manera cuantitativa empleando Índice de Diversidad de Shannon-Weaver, índice de riqueza de Margalef, análisis de similaridad de Bray-Curtis para comparar las composiciones de los macroinvertebrados, ya que Bray-Curtis enfatiza en la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Moreno 2001), empleando el software Past.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN GENERAL:

Se colectaron en las dos quebradas La Cabaña y La Gaitana un total de 1061 individuos pertenecientes a 3 Phyla, 4 clases, 11 órdenes, 30 familias y 49 géneros.

Los órdenes que presentaron mayor riqueza fueron: Díptera 6 familias y 10 géneros, Trichoptera 5 familias y 11 géneros, Odonata 5 familias y 8 géneros. Las familias con mayor riqueza fueron: Hydropsychidae, Leptoceridae Tipulidae y Aeshnidae con 3 géneros cada uno (Fig. 4)(Anexo E).

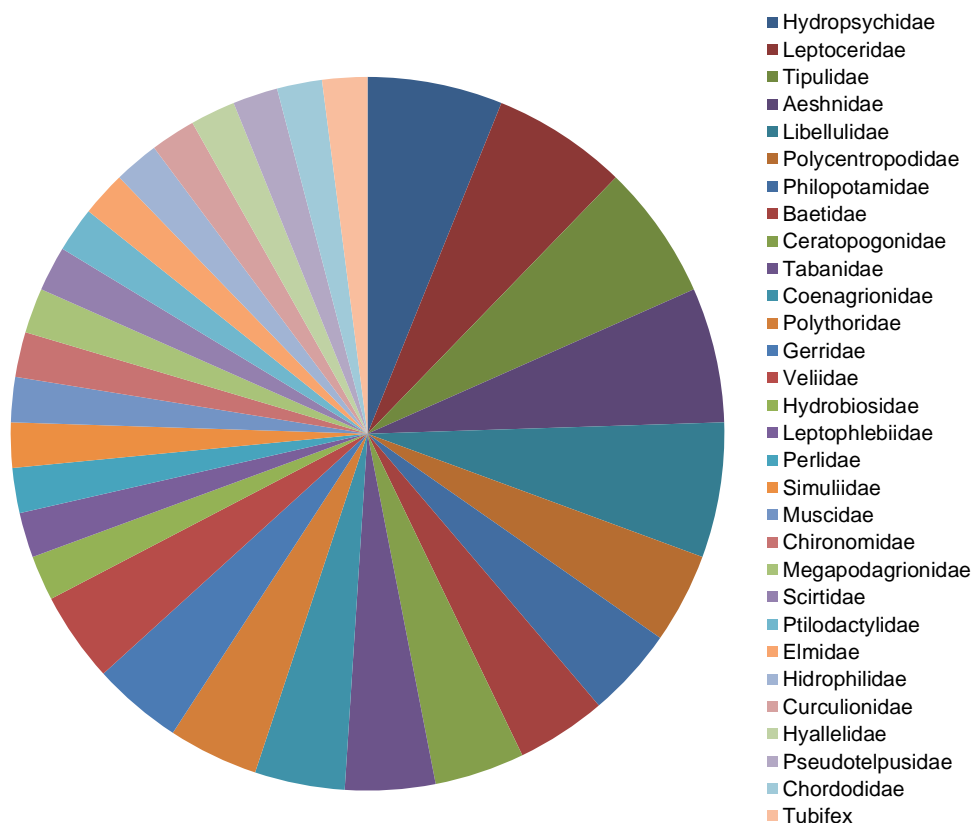


Figura 4. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en las dos quebradas.

La abundancia se distribuyó en los órdenes de la siguiente manera: Odonata 27,3% (317 ind), Ephemeroptera 13,52% (157 ind) y Trichoptera 11,97% (139 ind).

Las familias más abundantes fueron: Coenagrionidae 45.8%% (237 ind), Baetidae 8.9% (46 ind) y Leptophlebiidae 8.1% (42 ind) y en menor proporción Hydropsychidae 1.9%% (10 ind) y Perlidae 1.4% (7 ind).

Los géneros más abundantes fueron: *Argia* 20,65% (240 ind) y *Hyalpella* 10,76% (125 ind) y menos abundantes: *Aeshna* y *Limnogonus* 0.9% (1 ind) respectivamente (Fig. 5).

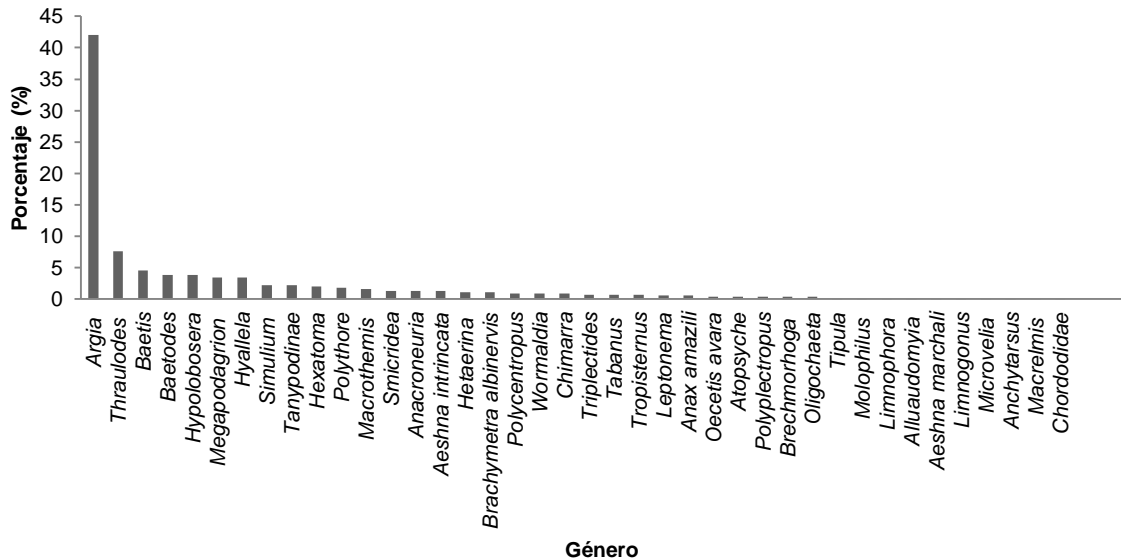


Figura 5. Porcentaje total de abundancia de los géneros presentes en las dos quebradas; La Cabaña y La Gaitana.

Las quebradas de muestreo son ecosistemas alto andinos; sus aguas son limpias y bien oxigenadas que permiten el desarrollo de organismos como los Ephemeroptera, Trichoptera, y Plecóptera que según Roldan (1988) tienen dietas y hábitats muy variados, considerados como indicadores de agua de buena calidad. Estos órdenes estuvieron presentes en la zona media de los dos ecosistemas donde hay menos intervención antrópica, acceso a la misma y variedad de hábitats presentes en este tramo.

La materia orgánica alóctona permitió el establecimiento de organismos como los Amphipoda y Díptera durante todo el muestreo en las dos quebradas ya que según Roldan (2003) el orden Díptera (Tipulidae y Chironomidae) son indicadores de ecosistemas de aguas contaminadas con presencia de materia orgánica vegetal riparia necesaria para albergar a otros organismos como los Amphipoda

Resultados similares encontrados durante la investigación sobre riqueza y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en zonas altoandinas se reportan en trabajos desarrollados por Posada y Parra (2008) en el

páramo Frontino Antioquia donde determinaron la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, el género *Hyalpella* fue la más abundante en los nacimientos de agua; también en la región central del Cauca Ortiz (2012) determinó la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de los órdenes Ephemeroptera y plecóptera en cinco ríos del Cauca, donde la mayor riqueza, abundancia y distribución de estos tres órdenes se presentó en los ríos Cofre y Palace. La investigación de Salazar (2015) acerca del “Efecto de la vegetación riparia sobre la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua, en dos vertientes de la microcuenca la chorrera, Inza” deja muy en claro que la vegetación de ribera y la humedad relativa son determinantes para el establecimiento de los organismos acuáticos lo cual se evidenció en los muestreos realizados, ya que la materia orgánica vegetal es utilizada como hábitat y es fuente de alimento para algunos organismos que allí habitan.

Los macroinvertebrados acuáticos son importantes indicadores de la calidad biológica del agua, debido a que sus comunidades cambian en respuesta a los eventos ocurridos en su ambiente. Por ejemplo, los Ephemeropteros, Trichopteros y Plecópteros, prefieren aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, aunque algunas de sus especies pueden resistir moderados grados de contaminación orgánica. Habitan en los cursos altos de agua, debido a que estas áreas presentan menor grado de contaminación. Por otra parte Díptera y Coleóptera constituyen los órdenes más grandes y complejos. Ocupan una gran diversidad de hábitats acuáticos, como ecosistemas de aguas frías, corrientes rápidas, salobres y aguas estancadas en estuarios y ciénagas, tolerando altas variaciones en los niveles de oxígeno, considerándolos por tal razón, como buenos indicadores de la calidad del agua (Roldán y Ramírez 2008).

8.2 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA CABAÑA

Se colectaron 518 individuos, distribuidos en 3 Phyla, 4 clases, 11 órdenes, 28 familias y 40 géneros (Anexo A).

Los órdenes presentes con mayor riqueza específica fueron: Díptera 6 familias y 8 géneros, seguido por Trichoptera y Odonata 5 familias y 9 géneros cada uno. Las familias con mayor riqueza fueron: Tipulidae con 3 géneros, Hydropsychidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Philopotamidae y Baetidae 2 géneros respectivamente (Fig 6).

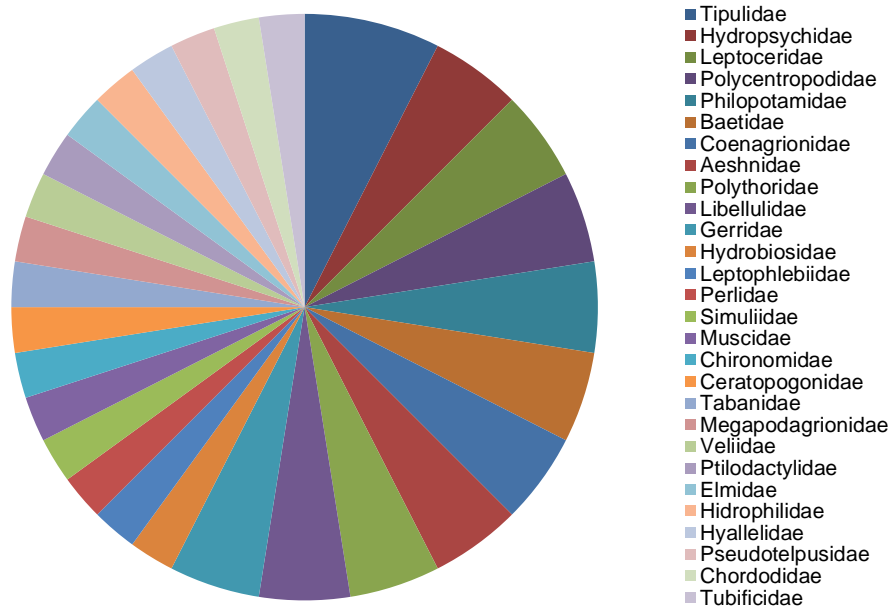


Figura 6. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en la quebrada La Cabaña.

El orden Odonata presentó una abundancia de 52.36% (288 ind) y en menor proporción Ephemeroptera 16% (88 ind), Díptera 7.82% (43 ind) y Trichoptera 6.36% (35 ind). Las familias más abundantes fueron: Coenagrionidae 43,09% (237 ind), seguida de Baetidae 8,36% (46 ind) y Leptophlebiidae 7,64% (42 ind). A nivel de géneros reportó para *Argia* 42% (231 ind) y *Thraulodes* 7,64% (42 ind) en menor proporción *Simulium* y *Tanypodinae* 2.1%(12 ind)(Fig 7).

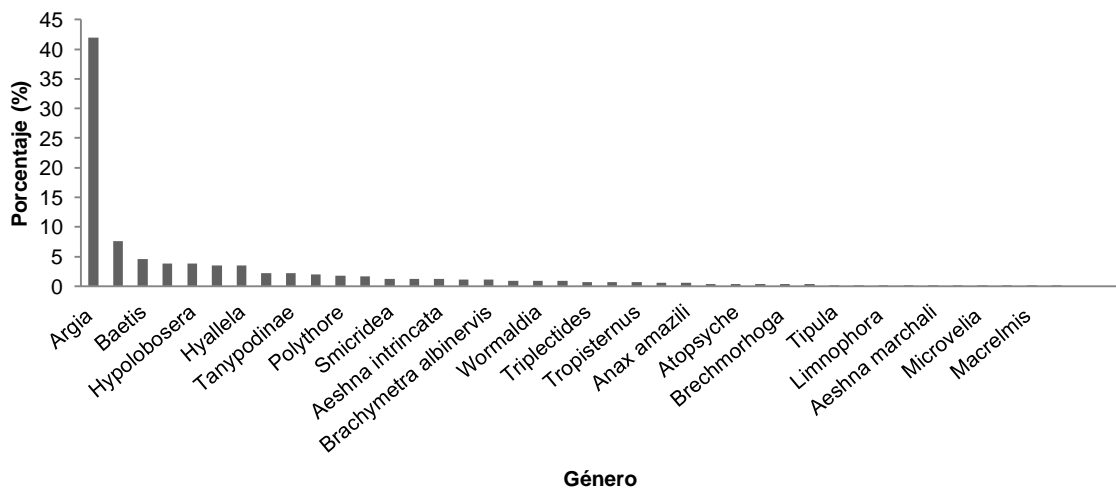


Figura 7. Abundancia de géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada La Cabaña.

En el primer tramo, la riqueza específica de los órdenes se reportó de la siguiente manera: Díptera 5 familias y 7 géneros, Trichoptera 4 familias y 6 géneros, Odonata 3 familias y 6 géneros, Coleóptera, Ephemeroptera y Decápoda 2 familias y 2 géneros respectivamente. Las familias con mayor riqueza fueron Tipulidae con 3 géneros, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Coenagrionidae, Philopotamidae con 2 géneros respectivamente.

El orden más abundante fue: Odonata 53% (98 ind) seguido de Trichoptera con 9,7% (18 ind). Las familias más abundantes fueron: Coenagrionidae 47 % (87 ind) y las de menor abundancia Hyallelidae 7,6 % (14 ind), Leptophlebiidae y Pseudotelpusidae 5,4% (10 ind). La abundancia de los géneros se presentó para *Argia* 43,8% (81 ind) y *Thraulodes* 14.1% (10 ind).

En el segundo tramo se reportó la riqueza específica para los órdenes Trichoptera y Odonata 5 familias y 7 géneros, Díptera 4 familias y 4 géneros, Ephemeroptera 2 familias y 3 géneros. La riqueza de familias fue Leptoceridae, Polycentropodidae, Baetidae, Aeshnidae y Libellulidae con 2 géneros respectivamente.

El orden Odonata fue el más abundante 59,3% (118 ind), seguido por Ephemeroptera 12,1% (24 ind). En cuanto a familias: Coenagrionidae 45,7% (91 ind) fue la más abundante mientras Baetidae y Pseudotelpusidae con 10,1% (20 ind) cada una y Megapodagrionidae 6% (12 ind) presentaron una menor proporción. El género con más abundancia fue *Argia* 45,7% (91 ind) y el de menor abundancia *Megapodagrion* 6% (12 ind), *Baetodes* 5,5% (11 ind) y *Baetis* 4,5% (9 ind).

En el tercer tramo parte baja de la vertiente los órdenes con mayor riqueza fueron: Díptera 5 familias y 5 géneros, Trichoptera 3 familias y 4 géneros, en menor proporción se presentaron para Plecóptera y Amphipoda con 1 familia y 1 género. La riqueza de familias se reportó de la siguiente manera Baetidae y Philopotamidae 2 géneros, Hydropsychidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae, Perlidae y Simulidae con 1 género respectivamente.

En cuanto a abundancia se reportó para Odonata 43,4% (72 ind), Ephemeroptera 28,9% (48 ind) y menor para Díptera 7,8% (13 ind) y Decápoda 6,6% (11 ind). Las familias más abundantes fueron Coenagrionidae 35,5% (59 ind), Leptophlebiidae 16,9% (28 ind) y Baetidae 12% (20 ind). Los géneros más abundantes fueron *Argia* 35,5% (59 ind) y *Thraulodes* 16,9% (28 ind).

La presencia de órdenes como Ephemeroptera y Trichoptera, evidencian que las aguas de esta vertiente presentan la característica de ser limpias y bien oxigenadas (Roldan 2008); aunque algunas de sus especies pueden resistir

moderados grados de contaminación orgánica. Del mismo modo, la abundancia del orden Trichoptera, indica que esta fuente hídrica presenta diversos microhabitats y abundante aporte de material vegetal que constituye su alimentación (Latorre-Beltrán *et al.*, 2014).

La baja abundancia y riqueza de los géneros como *Anacroneuria* y *Chimarra*, en la parte media de este sistema (tramo 2), evidencian el impacto negativo de los diferentes procesos que se desarrollan en la ribera de la quebrada ya que son indicadores de ambientes en buen estado de conservación. Las actividades antrópicas como la ganadería, agricultura, la deforestación entre otras promueven la erosión del suelo, pérdida de hábitats y contaminación de las aguas por escorrentías, afectando directamente las comunidades que ahí se establecen (Roldan 1988)

Los crustáceos comprenden un grupo muy diversificado en aguas dulces. El género *Hyallela*, se encuentra en las orillas de la quebrada, asociados a lugares ricos en materia orgánica en descomposición (Roldan 2003). Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplankton y larvas de Chironomidae. Los Pseudotelpusidae, se caracterizan por habitar en las orillas de aguas corrientes, son organismos carroñeros, carnívoros y herbívoros; la abundancia de estos organismos puede estar debido a la descomposición del material vegetal ripario que son fuente de alimento y establecimiento de hábitat (Roldan 2003). Estos organismos tolerantes a la contaminación leve por materia orgánica estuvieron presentes en todos los tramos

El orden más abundante fue Odonata, familia Coenagrionidae y género *Argia* encontrados en la materia orgánica sobre todo donde presencia del pino espátula (*Pinus patula*), esta familia puede soportar altos grados de contaminación, ya que prefiere la vegetación de orilla además tiene la capacidad de explotar diversos hábitats, como se reportó en el Valle del Cauca, donde se caracterizaron por presentar tolerancia a perturbación antrópica tipo ganadería y agricultura extensiva (Roldan 1988, Melorose *et al.*, 2015).

Esta fuente hídrica presenta un importante aporte de material vegetal de origen autoctono, lo cual se evidencia en la disponibilidad de alimento y la diversidad de hábitats que se presentan, favoreciendo la presencia una gran variedad de macroinvertebrados acuáticos. Pero las actividades de origen antrópico que se desarrollan cerca de la fuente hídrica cambian las condiciones naturales y afectan a esta comunidad, alterando su composición y estructura, de organismos indicadores de ecosistemas en buen estado de conservación a organismos indicadores de aguas contaminadas.

8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA GAITANA.

Se colectaron 543 individuos, 3 Phyla, 4 clases, 11 órdenes distribuidos en 28 familias y 39 géneros. (Anexo B).

Los riqueza se distribuyó entre los órdenes de la siguiente manera: Díptera 6 familias y 8 géneros, seguido por Odonata con 5 familias y 8 géneros, Coleóptera con 5 familias y 5 géneros, Trichoptera 4 familias y 9 géneros, Ephemeroptera con 2 familias y 2 géneros, Hemíptera 1 familia y 2 géneros, Plecóptera, Amphipoda, Decápoda, Gordioidea y Haplotaxida 1 familia y 1 género respectivamente. Las familias con mayor riqueza fueron: Hydropsychidae, Leptoceridae y Libellulidae con 3 géneros respectivamente (Fig 8)

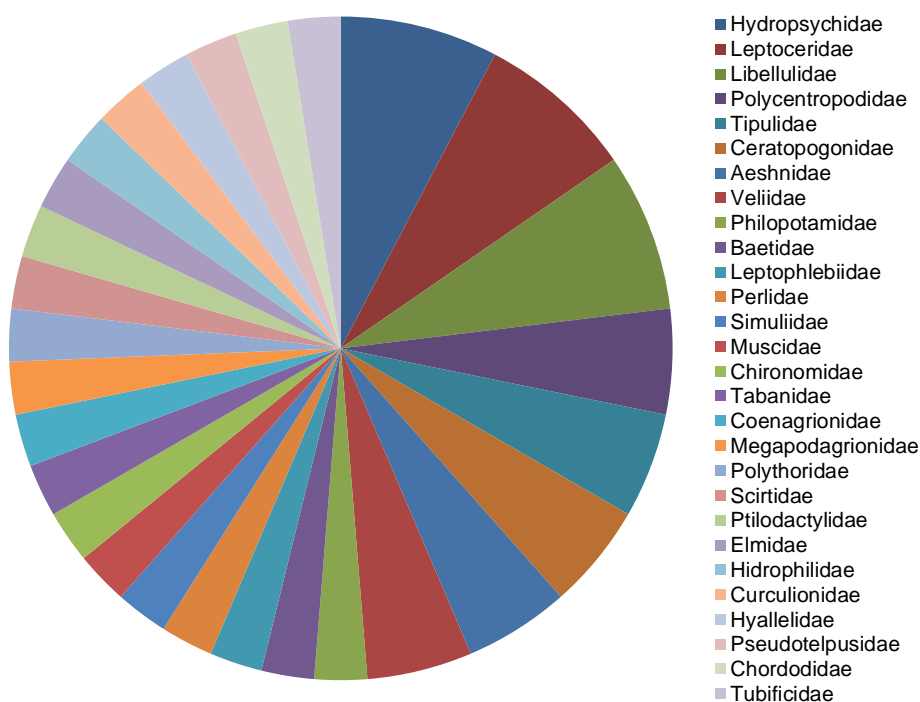


Figura 8. Riqueza específica por familias de macroinvertebrados presentes en la quebrada La Gaitana.

Los órdenes con mayor abundancia fueron: Amphipoda 17,35% (106 ind), Trichoptera 17,02% (104 ind), Plecóptera 16,37% (100 ind) y Coleóptera 12,27% (75 ind). Las familias más abundantes fueron: Hyallelidae 17,35% (106 ind) Perlidae 16,37% (100 ind), Hydropsychidae 12,77% (78 ind) y Ptilodactylidae 9,66% (59 ind).

Los géneros más abundantes fueron: *Hyallela* 17,32% (106 ind), *Anacroneuria* 16,33% (100 ind), *Smicridea* 12,41% (76 ind) y menos abundantes *Anchytarsus* 9,64% (59 ind), *Thraulodes* 7,02% (43 ind), *Baetis* 4,24% (26 ind) y *Típula* 2,12% (13 ind). (Fig 9).

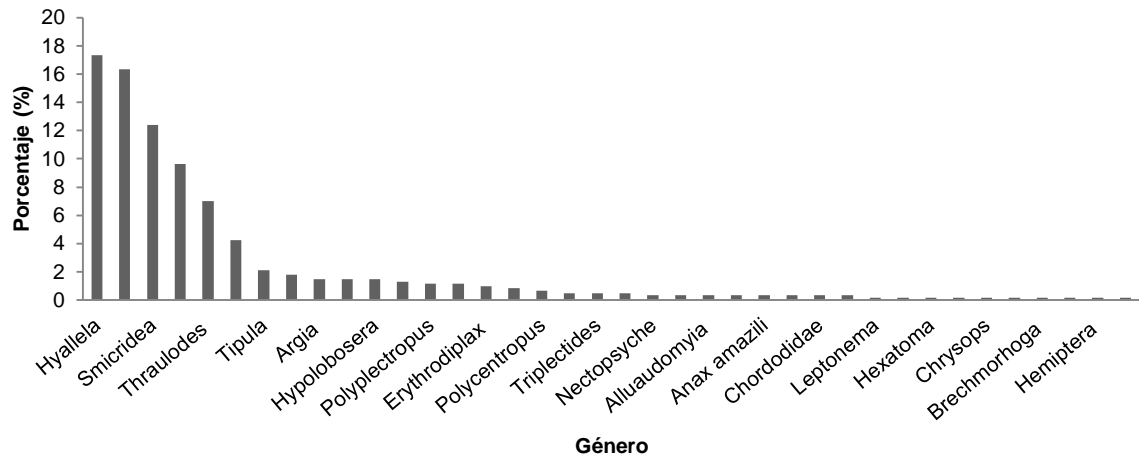


Figura 9. Abundancia total de los géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada la Gaitana

En el primer tramo los órdenes con mayor riqueza específica fueron: Díptera 5 familias y 5 géneros, Coleóptera 3 familias y 3 géneros y Trichoptera 3 familias y 2 géneros. Las familias con más riqueza fueron: Polycentropodidae 2 géneros, Hydropsychidae, Leptoceridae, Baetidae, Leptophlebiidae y Perlidae con 1 genero respectivamente.

La abundancia fue mayor para Plecóptera 23,9% (50 ind), Trichoptera y Amphipoda 20,6% (43 ind). Las familias más abundantes fueron: Perlidae 23,9% (50 ind), Hyallelidae 20,6% (43 ind) e Hydropsychidae 16,3% (34 ind). Para los géneros la abundancia se representó para *Anacroneuria* 23,9% (50 ind) *Hyallela* 20,6% (43 ind) y *Smicridea* 16,3% (34 ind).

En el segundo tramo la riqueza específica para ordenes se presentó de la siguiente manera: Trichoptera, Coleóptera y Díptera 3 familias y 3 géneros, respectivamente, Ephemeroptera 2 familias y 2 géneros, Plecóptera, Hemíptera y Amphipoda 1 familia y 1 género respectivamente. La riqueza a nivel de familias se reportó así: Hydropsychidae 2 géneros, Leptoceridae, Philopotamidae y Baetidae, con 1 género cada uno.

Para órdenes la abundancia se distribuyó así: Amphipoda 17,8% (53 ind), Coleóptera 16,5 % (49 ind) Trichoptera 16,2% (48 ind) y Plecóptera 15,8% (47

ind). Las familias más abundantes fueron: Hyallelidae 17,8% (53 ind), Perlidae 15,8% (47 ind), Ptilodactylidae 14,8% (44 ind) e Hydropsychidae 14,1% (42 ind). A nivel de géneros la abundancia reportó para *Hyallela* 17,8% (53 ind), *Anacroneuria* 15,8% (47 ind), *Anchytarsus* 14,8% (44 ind) y *Smicridea* 13,8% (41 ind).

En el tercer tramo la riqueza específica se reportó para Odonata 5 familias y 8 géneros, Trichoptera 4 familias y 6 géneros, Díptera 4 familias y 5 géneros, Coleóptera 4 familias y 4 géneros, Ephemeroptera 2 familias y 2 géneros y Plecóptera, Hemíptera y Amphipoda con 1 familia y 1 género respectivamente. A nivel de familias la riqueza se presentó de la siguiente manera: Libellulidae 3 géneros, Hydropsychidae, Leptoceridae, Tipulidae, Aeshnidae y Polycentropodidae con 2 géneros cada uno.

La abundancia fue mayor para los órdenes Odonata 28,9% (30 ind), Trichoptera 12,4% (13 ind) y Díptera 10,5% (11 ind). Las familias más abundantes Hyallelidae 9,5% (10 ind), Coenagrionidae y Veliidae 8,6% (9 ind), Megapodagrionidae y Libellulidae 7,6% (8 ind). Los géneros más abundante fueron: *Hyallela* 9,5% (10 ind), *Argia* y *Rhagovelia* 8,6% (9 ind) respectivamente.

La quebrada La Gaitana es un ecosistema que se encuentra en estado de sucesión secundaria, aunque en la parte alta de la vertiente hay entrada libre para los animales, principalmente bovinos y equinos, lo que afecta negativamente la calidad biológica del agua por el aporte de materia fecal, orina, y el pisoteo. La pendiente de la quebrada es poco inclinada y el sustrato es rocoso, hay abundante vegetación riparia indispensable para los procesos ecológicos funcionales que mantienen el equilibrio y estabilidad de los ecosistemas.

Se presentó una menor proporción de organismos como *Típula*, *Probezzia* y *Chironomus* y en mayor proporción *Hyallela*, *Anacroneuria* y *Smicridea*. La presencia de estos organismos puede estar influenciada por los procesos de sucesión ecológica que promueve la recuperación de poblaciones de organismos indicadores de buena calidad del agua.

En el primer y segundo tramo se presentó abundancia de individuos de la familia Hydropsychidae, los cuales según García y González (1986) son especies que construyen redes y presentan ganchos en sus extremidades para evitar ser arrastrados por la corriente; la presencia de estos organismos indica cambios en el estado del ecosistema que pueden estar influenciados por la entrada libre de animales a la vertiente.

El orden Amphipoda tuvo una alta abundancia durante todo el muestreo, se encuentran generalmente asociados a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones, aunque también abundan con frecuencia en zonas donde se acumula material vegetal (Roldán *et al.* 2001). Posada *et al.*(2000), reportaron gran abundancia de Amphipoda en la cuenca de la Quebrada

Piedras Blancas Antioquia, en aquellas estaciones donde se hallaba acumulada la hojarasca en cantidad, lo cual concuerda con la abundancia reportada en esta investigación

Los hemípteros son indicadores de aguas oligo, meso y eutróficas, se caracterizan por habitar remansos de ríos y quebradas y pocos resisten las corrientes rápidas, (Roldan 1988). La abundancia y riqueza de los hemípteros fue baja durante todo el muestreo, la presencia del género *Rhagovelia* indica que es un sistema oligotrófico con baja productividad primaria, como resultado de contenidos bajos de nutrientes

La abundancia de los órdenes Trichoptera y Ephemeropteros se vio favorecida debido a que viven en el fondo o laderas del río y asociados a macrófitas, adheridos a vegetación flotante o enraizada, enterrados en el fondo, sobre rocas y troncos sumergidos prefieren aguas con buen nivel de oxígeno disuelto y baja carga orgánica residual (Roldan 1988), características propias de este ecosistema.

El género *Thraulodes* estuvo presente en las dos quebradas lo que corrobora su distribución cosmopolita, según Tomanova y Tedesco, (2007) hay géneros ampliamente distribuidos que poseen una alta especiación lo cual hace que su rango de tolerancia varíe ampliamente como los *Anacroneuria*, *Baetodes*, *Thraulodes*, y *Leptohyphes*.

Oligochaeta (Haplotaxida), es indicador claro de la presencia y acumulación de detritos en el cuerpo de agua, ya que son las condiciones necesarias para su desarrollo (Roldan 1996), encontrándose en la parte baja de la quebrada.

Las altas y bajas precipitaciones no generaron una diferencia en cuanto a la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos ya que la corriente tuvo poca fuerza y no hubo arrastre de sustratos que afectaran negativamente a los organismos que allí habitan. Sin embargo Alba Tercedor (1996) plantea que las lluvias pueden generar una perturbación importante que afecta la presencia de algunos géneros como *Anacroneuria*, ya que este es un organismo poco tolerante a la contaminación ambiental producto de las actividades humanas, por lo que las poblaciones están restringidas predominante a ríos de agua limpias bien oxigenadas o bien su presencia puede estar influenciada por la escases de nutrientes en el sistema (Zúñiga 2012) razón por la cual su presencia disminuyo en el tercer tramo.

El estado ecológico de la microcuenca posibilita la presencia de otros grupos de macroinvertebrados acuáticos que se adaptan a las condiciones ecológicas y físicas de la fuente. Sin embargo los procesos ecológicos se ven afectados por actividades como la ganadería extensiva, la cual aporta materia fecal, orina y el pisoteo, que altera la calidad biológica del agua y el establecimiento de las diferentes comunidades acuáticas.

8.4 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA, METODOLOGÍA BMWP/Col (ZAMORA 2007)

8.4.1 Calidad biológica del agua (BMWP/Col) quebrada La Cabaña.

Según el índice BMWP/Col (Zamora 2007) se obtuvieron puntajes de 151, 160 y 128 para el primer, segundo y tercer tramo respectivamente, los cuales presentan calidad de aguas muy buena, de característica de aguas muy limpias (Fig 10). Factores como la deforestación y las actividades agropecuarias que se desarrollan en la ribera de la micro cuenca, no generan cambios representativos en este ecosistema, debido a la vegetación de ribera que retiene la materia de origen alóctono.

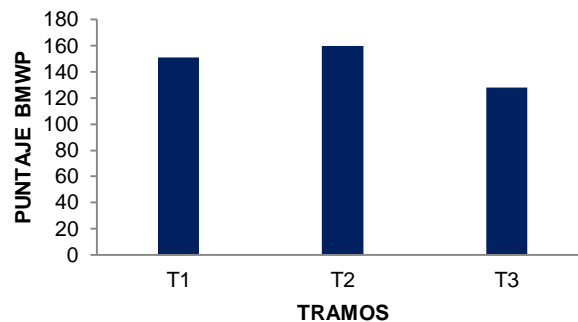


Figura 10. Calidad biológica del agua (BMWP/Col para la quebrada La Cabaña. Tramo 1 (T1), tramo 2 (T2), tramo 3 (T3).

Se presentaron indicadores de aguas limpias con buena oxigenación como los Plecópteros, Trichopteros y Ephemeropteros (Roldan 1988). Sin embargo la diversidad de estas es media.

Durante la época de altas precipitaciones en el segundo tramo se presentaron valores más altos del índice BMWP/Col (Zamora 2007). En esta zona se presenta mayor cobertura vegetal por tanto hay mayor provisión de alimentos y refugio a los macroinvertebrados acuáticos. Sin embargo en el tercer tramo el valor del índice disminuyó debido a la potrerización, deforestación y los cultivos en las áreas riparias, lo cual promueve la pérdida de hábitats y la colonización de organismos indicadores de contaminación orgánica (Feriz y Ortega, 2009).

Los indicadores biológicos reflejan las condiciones físicas, químicas y bióticas que integran y acumulan los efectos de diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (Barbour *et al.* 1999) de tal forma que reflejan las fluctuaciones de contaminación.

8.4.2 Calidad biológica del agua (BMWP/Col) quebrada La Gaitana.

El primer tramo presentó un valor de 109 según el índice BMWP/Col (Zamora 2007), se catalogan como aguas limpias y de buena calidad. En esta zona se presentan características naturales aceptables para el desarrollo de una comunidad biótica constituida por organismos propios de aguas limpias y medianamente contaminadas, como consecuencia de las actividades antrópicas que se desarrollan en las áreas riparias; la ganadería aporta materia fecal y orina que contamina este ecosistema y afecta negativamente la presencia de los macroinvertebrados acuáticos, sumado al pisoteo que promueve la erosión del suelo.

El segundo y tercer tramo obtuvieron valores de 126 y 181 respectivamente, característico de aguas muy limpias y de muy buena calidad, presentando una tendencia a incrementar la calidad biológica del agua a través del espacio esto concuerda con estudios hechos por Muñoz (2010). Además que el aporte hídrico de otras fuentes y las cascadas que oxigenan el agua, contribuyen a la dilución de la materia orgánica (Pinilla 2000) permitiendo la presencia de organismo que indican una mejor calidad biológica del agua. (Fig 11)

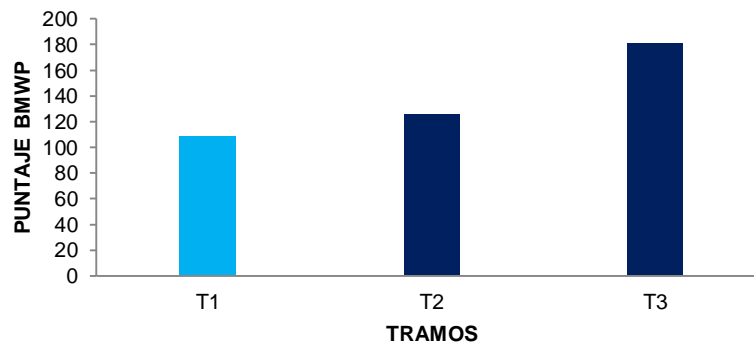


Figura 11. Calidad biológica del agua (BMWP/Col para la quebrada La Gaitana. Tramo 1 (T1), tramo 2 (T2), tramo 3 (T3).

La quebrada La Gaitana en su parte alta presenta poca cobertura vegetal mientras que la parte media es más densa, por lo que Según Blinn y Kilgore (2001), el bosque ripario tiene un papel importante al retardar y reducir la escorrentía superficial, utilizar el exceso de nutrientes, atrapar los sedimentos y otros contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos y de esta manera proteger los cuerpos de agua. Adicionalmente, Alonso (2006), plantea que la ausencia de la vegetación riparia empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos ya que disminuye la disponibilidad de hábitats y de alimento, lo mencionado anteriormente corrobora la abundancia de estos organismos en el tramo dos y tres de esta fuente hídrica.

El índice BMWP/Col presenta valores que para las quebradas La Cabaña y La Gaitana, se debe a que, aunque son fuentes hídricas relativamente cercanas, cada una cuenta con un nivel de impacto diferente de acuerdo al aprovechamiento que se le da a los recursos naturales. Estas actividades de origen antrópico promueven cambios en la calidad biológica del agua que repercuten sobre las comunidades acuáticas.

8.5 INDICES DE DIVERSIDAD ALFA EN GENERAL:

Índice de diversidad alfa Quebrada La Cabaña.

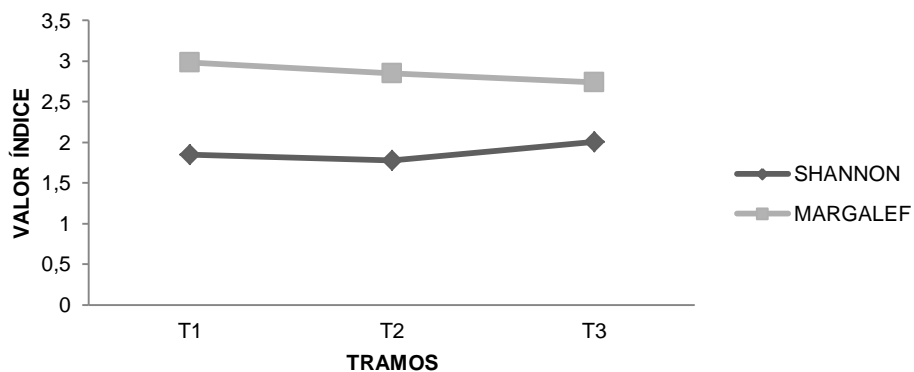


Figura 12. Valores de los índices diversidad de Shannon y riqueza de Margalef quebrada La Cabaña.

El índice de Shannon-Weaver reporta para el tramo 1 un valor de 1,85, tramo dos 1,78 y tramo tres 2,01, en este caso los tres tramos presentan diversidad media y una mediana contaminación.

Los valores del índice de Margalef reportan para el primer tramo 2,98, para el segundo 2,85 y el tercero presento un valor de 2,74 presentándose una riqueza media. (Fig 12) (Anexo C)

Índice de diversidad alfa Quebrada La Gaitana.

El índice de Shannon-Weaver reporta para el tramo 1 un valor de 1,64, para el tramo dos 1,95 y en el tramo tres 2,19, presentando diversidad media y una mediana contaminación.

Los valores del índice de Margalef reportan para el primer tramo 2,01, para el segundo 2,45 y el tercero presento un valor de 3,37 presentándose una riqueza media. (Fig 13) (Anexo D).

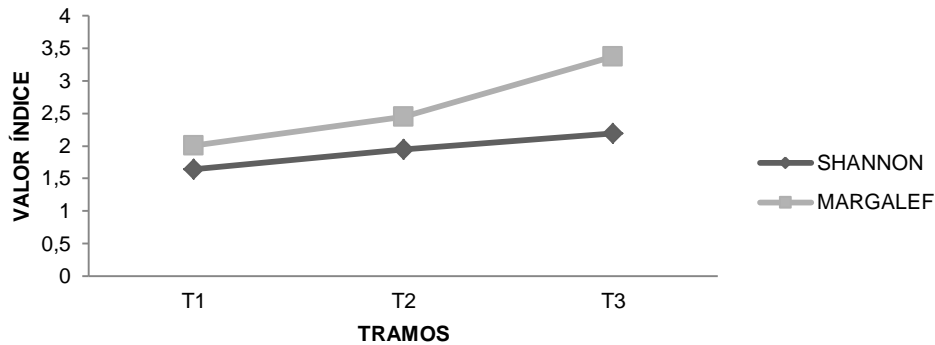


Figura 13. Valores de los índices diversidad de Shannon y riqueza de Margalef quebrada La Gaitana.

Los índices de diversidad reflejan al igual que la abundancia y riqueza los efectos que sufren la comunidad de organismos acuáticos al cambiar la estructura vegetal riparia, ocasionando la pérdida de la diversidad y la calidad del agua, principalmente en temporadas de altas precipitaciones con el aumento en el arrastre de sedimentos (Salazar 2015).

La diversidad de los tramos de muestreo dos y tres fueron muy similares en las dos fuentes hídricas, estas regiones presentan mayor cobertura vegetal, según Vannote *et al.* (1980) esta característica hace que las comunidades que habitan en pequeñas quebradas presenten una diversidad relativamente baja al estar limitadas por un estrecho rango de temperatura.

En las dos quebradas se presenta buena disponibilidad de hábitat, los diferentes sustratos como piedras, guijarros, material orgánico particulado fino y grande, vegetación herbácea, arbustiva y hojarasca en el fondo del lecho, usados como refugio permiten el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, siendo los factores que permiten una mediana diversidad de estos ecosistemas (Sandoval 2010)

Silveira (2004) y McCafferty y Provonsha (1981), establecieron que entre los factores que determinan considerablemente la composición cualitativa y cuantitativa de los macroinvertebrados en los diversos sustratos y épocas hidrológicas durante el año, están los tipos de sustrato ubicados donde la corriente del agua es mayor, de esta manera muchos organismos de acuerdo con las necesidades de oxígeno se ubican en las zonas de rápidos como algunos miembros de las familias Philopotamidae y Simuliidae, lo cual se evidenció en las dos zonas de muestreo.

Así mismo Roldán (1988), advierte que las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, pueden ser impactadas por eventos naturales como cambio en el

caudal, tasas de sedimentación y hechos antropogénicos como la deforestación, extracción de sustrato, descargas orgánicas y erosión.

Las lluvias moderadas permitieron los procesos de colonización y desarrollo de diversos taxa, por lo que se puede evidenciar en valores medios de riqueza, abundancia y diversidad, sin tener una diferencia notoria entre los puntos de muestreo, favorecidos por la heterogeneidad de hábitats y la disponibilidad de oferta alimenticia.

Los ecosistemas acuáticos de alta montaña con aguas frías, transparentes y oligotróficas se caracterizan por presentar mediana diversidad, la fauna de macroinvertebrados está representada por Efemerópteros, Trichopteros, Plecópteros algunos dípteros, pocos odonatos y hemípteros (Vannote 1980, Zamora 2002, Castellanos y Serrato 2008, Roldán y Ramírez 2008, Rivera-Usme *et al.* 2008, Salazar 2015).

8.6 INDICE DE DIVERSIDAD BETA

Índice de similaridad de Bray-Curtis

El dendrograma de similaridad de Bray-Curtis agrupa los tres tramos de muestreo y las quebradas registrando la similitud que hay entre ellos. Por lo que la quebrada La Cabaña presentó un 68% y La Gaitana un 74% de similaridad entre los tramos uno y dos respectivamente. El tramo tres de la Cabaña presentó una similaridad del 60% respecto a los dos tramos de muestreo. Mientras el tramo tres de la Gaitana obtuvo una similaridad del 23% con los otros dos tramos de muestreo (Fig 14).

La similaridad que se presenta en el primer y segundo tramo de las dos vertientes se debe a que hay mayor grado de antropización en la parte alta de las quebradas, siendo receptoras de heces fecales orina y la erosión producida por el pisoteo de los bovinos, así como el vertimiento de agroquímicos que por escorrentía llegan al cuerpo de agua afectando la calidad biológica y la presencia de macroinvertebrados acuáticos, la parte media de las dos zonas de estudio están más conservadas, el acceso a la fuente está limitada por la presencia de plantas y árboles de mediano y gran tamaño que impiden el paso a transeúntes y animales.

Sin embargo, la similaridad que hay entre las dos quebradas es baja, a pesar de que están cerca geográficamente sus grados de antropización son muy diferentes, La Cabaña se encuentra rodeada por un sistema ganadero y La Gaitana rodeada por cultivos de mora, arveja entre otros. En el dendrograma se observa que la similaridad entre las dos quebradas es de un 23%.

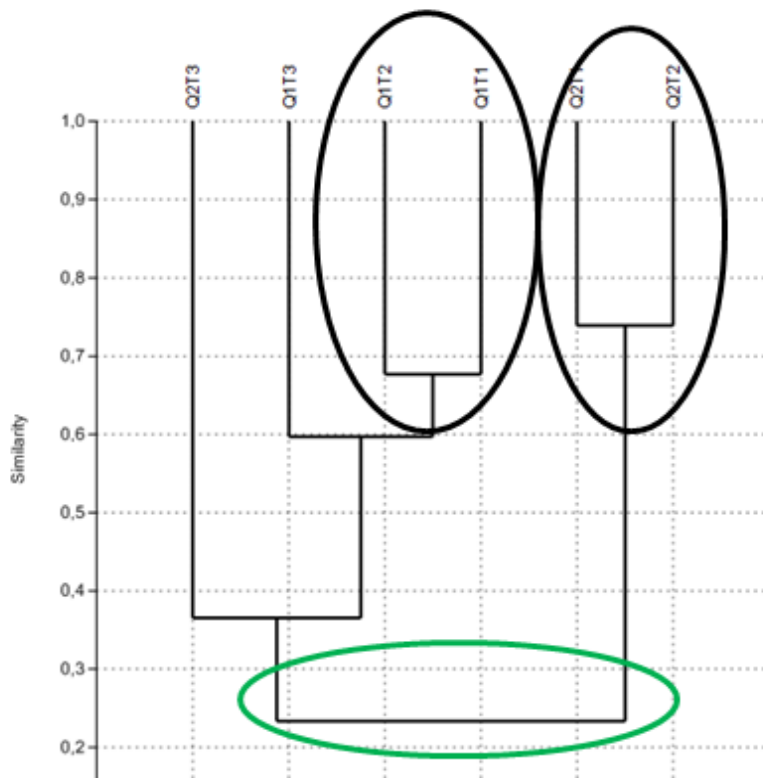


Figura 14. Dendrograma de similaridad de Bray-Curtis para los géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas La Cabaña (Q1) y La Gaitana (Q2), tramo1 (T1), tramo 2 (T2) y tramo 3 (T3). En negro mayor similaridad, en verde menor similaridad.

En la quebrada la Cabaña se obtuvo una abundancia total de 185, 199 y 166 individuos en el primer, segundo y tercer tramo respectivamente. La Gaitana obtuvo una abundancia de 209, 297 y 105 individuos en el primer, segundo y tercer tramo respectivamente. La quebrada la Gaitana es un área de reserva natural protegida por las comunidades El Carmen y Tierras Blancas, la vegetación riparia es el principal suministro de residuos vegetales que sirve como fuente de alimento y hábitats para los organismos acuáticos que allí habitan.

Por el contrario la baja diversidad de la quebrada La Cabaña puede estar debida a que se encuentra más afectada a causa de los desechos de origen alóctono que afecta negativamente el ecosistema acuático. La conservación del bosque en la Gaitana ha tenido sus beneficios y se ve reflejada en la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos respecto a la Cabaña, por tanto es importante proteger estas zonas hídricas para un mejor futuro.

9. CONCLUSIONES

- En la vertiente La Cabaña las actividades antrópicas afectaron la presencia de indicadores de aguas limpias como *Anacroneuria*. Sin embargo, la alta concentración de materia orgánica proveniente de *Pinus patula* establecidos a lo largo del cauce permitió la abundancia del género *Argia*.
- La composición de la comunidad de macroinvertebrados en términos de abundancia se presentó de la siguiente manera; en la quebrada La Cabaña fue dominante el orden Odonata, familia Coenagrionidae y género *Argia*. La riqueza se presentó así: orden Díptera y familia Tipulidae. En la quebrada La Gaitana la abundancia fue para Orden Amphipoda, familia Hyallellidae y género *Hyallela*. Riqueza para orden Díptera y familia Hydropsychidae. Estos grupos según el índice BMWP/Col (Zamora 2007) son indicadores de aguas muy limpias.
- El BMWP/Col indica que las dos quebradas objeto de estudio presentan una buena calidad biológica en aquellas zonas donde hay abundante vegetación y la calidad baja cuando la cobertura vegetal menor, lo cual disminuye la disponibilidad de suficiente alimento y hábitats para los macroinvertebrados acuáticos.
- Los índices Shannon y Margalef presentaron valores medios de diversidad y riqueza con una mediana contaminación, con tendencia a baja diversidad en los dos primeros tramos de las vertientes La Cabaña y La Gaitana, respectivamente, debido a que la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos varía cuando la vegetación riparia se ve afectada por los cambios en el uso de la tierra.
- La abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos en las dos quebradas de muestreo fueron muy similares, aunque cada una cuenta con un nivel de impacto diferente, los dos ecosistemas brindan disponibilidad de alimento y hábitat proveniente de la vegetación riparia que favorece a los organismos que allí habitan
- El análisis de Bray-Curtis, señala una baja similaridad del 23% entre las dos quebradas ya que sus grados de antropización son muy diferentes. La Cabaña está afectada por desechos de origen alóctono que perturba negativamente el ecosistema acuático a diferencia del bosque de la Gaitana que es una reserva natural protegida por los comuneros que beneficia a los organismos acuáticos que allí habitan.

- La presencia de ganadería extensiva, el establecimiento de cultivos y la deforestación no han afectado de forma relevante este ecosistema, pues los organismos indicadores de mala calidad de agua no presentan gran abundancia ni riqueza.
- La caracterización de los macroinvertebrados acuáticos y su comparación entre los diferentes tramos de muestreo permitió determinar que las dos vertientes presentan aguas de buena calidad, sin embargo es importante concientizar a las comunidades y conservar estos ecosistemas ya que esta fuente hídrica se utiliza para consumo humano, animal y como riego para los cultivos.

10.RECOMENDACIONES

- Es importante realizar pruebas fisicoquímicas, microbiológicas, determinar la composición y estructura de la vegetación riparia y diagnosticar los diferentes factores antrópicos que afectan negativamente esta vertiente para complementar este estudio.
- Es necesario mencionar que el BMWP/Col, está elaborado en base a sistemas hídricos mayores a categoría 3 y se basa en la presencia o ausencia de los organismos y no tiene en cuenta la abundancia a nivel de familias de los macroinvertebrados acuáticos, por tanto se recomienda realizar mayores estudios de los ecosistemas alto andinos con el fin de adaptar el índice BMWP/Col para cuerpos de agua de menor categoría.
- Teniendo como referencia el presente estudio, es importante realizar un monitoreo en el tiempo a cerca de la calidad del agua y así evitar su deterioro y tomar las medidas necesarias para la conservación de estas fuentes hídricas.
- Teniendo en cuenta la importancia de los sistemas acuáticos, es necesario socializar y trabajar con la comunidad una propuesta de educación ambiental para concientizar a las personas acerca de la importancia de conservar las cuencas hidrográficas, sobre todo cuando estas son fuente de abastecimiento para los comuneros.

11. BIBLIOGRAFÍA

ALBA- TERCEDOR, J., (1996). Macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos, IV simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería, vol II, 203-213, ISBN 84- 7840-262-4

ALBERTO, C., RONDÓN, R., ZAPATA, A.M., PÉREZ, D., MORALES, Y., OVALLE, H., Y ALVAREZ, J.P. (2010). Limnological Characterization of Wetlands of the Floodplain of the Orinoco River (Orinoco, Colombia). Acta Biológica Colombiana, Vol. 15, Núm. 1.

ALONSO, A. (2006).- Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del Río Henares. Ecosistemas, Asociación española de ecología terrestre, 15(2): 1-5.

ALTA, S., y RÍO, D. (2012). Water quality and composition of aquatic macroinvertebrates in the subwatershed of river Chinchiná. Caldasia, 12/2012; 34(2):443-456.

ANDUJAR E,J y HENAO M, A. (2008). Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del Rio Sucio (Región Patía) y su relación con el cambio en las coberturas vegetales. Trabajo de grado: biología. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. 100 pg.

ANGRISANO, E. y TRÉMOUILLES E. (1995). Insecta Díptera. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo III: 1243-1265. Ediciones Sur, La Plata.

BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER B.D y STRIBLING, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in streams and wadeable rivers: periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Environmental Protection Agency. Washington D.C. Second Edition. EPA 841-B-99-002.

BLINN, R. y KILGORE A. (2001). Riparian Management Practices. Journal of Forestry. University of Minnesota. 8: 11-17.

BONADA, N., PRAT, N., RESH, V.H., y STATZNER, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. Annu. Rev. Entomol. 51, 495–523.

CAMPUZANO M,E. (2004). Calidad biológica y fisicoquímica del Rio grande en el área de influencia del municipio de Purace-Coconuco. Departamento del Cauca.

Trabajo de grado: biología. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias exactas y de la educación. Departamento de Biología. Pag 92.

CARRANZA, H. (2006). Evaluación de la fauna de dípteros (Insecta: Diptera) acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima. Ibagué. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología.

CASTELLANOS, P.M., y SERRATO, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, norte de Santander. *Rev. acad. Colomb. Cienc.* 32 (122):79–86.

DIEZ, J., y HERNÁN, D. (2007). Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: el ejemplo del río Palacé (Cauca). *Gestión y Ambient.* 10(1), 81–92.

DOMÍNGUEZ, E., FERNÁNDEZ, H. Macroinvertebrados bentónicos de Suramérica. *Sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lilio, 2009. 654p.

FERIZ, D., y ORTEGA Y. (2009). Determinación de la calidad de agua de la quebrada la Cantera, empleando comunidades de macroinvertebrados acuáticos y parámetros físico-químicos como bioindicadores. Trabajo de grado: Biólogo. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de ciencias naturales exactas y de la educación. Departamento de Biología. pag 124.

FINEGAN, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Trends. Ecol. Evol.* 11: 119-124.

GARCIA D y GONZALEZ M. (1986). Métodos biológicos para el estudio de la calidad de las aguas. aplicación a la cuenca del Duero. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. ICONA monografía 45. Madrid (España). p 245.

GONZALES, C., JERIC, A., REYES, C., MEJIAS, G., PLAVETIC, C., y PARRA, A. (2008). Clave pictórica para la identificación de géneros de culicidae (diptera) de Chile con impacto en la salud pública. *Acta entomol. chil.* 32 (1-2-): 35-42.

GUARIGUATA, M.R y OSTERTAG, R (2001). Neotropical secondary forest successions: changes in structural and functional characteristics. *Forest. Ecol. Manag.* 148: 185-206.

HAHN-VONHESSBERG, C., TORO, D., GRAJALES -QUINTERO, A., DUQUE-QUINTERO, G. y SERNA-URIBE, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, municipio de Palestina, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 13(2): 89–105.

HOLDRIDGE, L. (1967). Life Zone Ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206p.

LATORRE-BELTRÁN, I.T., NOVELO-GUTIÉRREZ, R., y FAVILA, M.E., (2014). Diversidad genérica de Trichoptera (Insecta) en dos microcuencas del Páramo Rabanal (Cundinamarca-Boyacá, Colombia). Rev. Biol. Trop. 62, 97–110

LONGO, M., ZAMORA, H., GUISANDE C., y RAMIREZ, J., (2010). Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. Limnetica 29, 195–210

McCAFFERTY, W., and PROVONSHA, A. (1981). Acuatic entomology. Science Books international. Boston Massachusets.

McNAUGHTON, S.J.;WOEF, L,L. General ecolgy. 2 ed. New York: Holt, Rinehart y Winston. 1979, 702 p.

MELOROSE, J., PERROY, R y CAREAS, S. (2015). Riqueza de especies Odonata Zigoptera por unidad de fisiograficas en el departamento del Valle del Cauca. Stawew Agric L. Use Baseline 1, 30-36.

MOISAN, (2010). Guide de' identification des principaux macroinvertébrés benthiques d ' eau douce du Québec. Québec: Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

MONCHO, R.; BELDA. F; CASELLES, V. (2009): *Climatic study of the exponent "n" in IDF curves: application for the Iberian Peninsula*. Tethys, n.º6: 3-14. tethys.2009.

MONTOYA, Y., ACOSTA, Y., y ZULUAGA, E. (2010). Río Negro y Sus Principales Tributarios Empleando Como Indicadores Los Índices Ica , El BMWP/Col y el Aspt. Caldasia, 33, 193–210.

MORENO, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza. M&T - Manuales y Tesis SEA. vol. 84p.

MUNICIPIO DE INZA. Subsistema Físico Biótico. Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Inzá- Cauca, 2012. 98-106p.

MUÑOZ (2010). Determinacion de la calida biologica de la quebrada La Victoria con base en la comunidad de macroinvertebrados acuaticos. Trabajo de grado: biologia. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educacion. Departamento de Biologia. pag 71

ORTIZ L.A. (2012). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera en cinco ríos de la región central del Cauca. Trabajo de grado: biólogo. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. pag 45.

PINILLA, G., (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Santa Fe de Bogotá. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 67p.

POSADA, J. A., ROLDÁN G. y RAMÍREZ, J. J. (2000). Caracterización físico-química y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Rev. Biol. Trop. **48** (1): 59-70.

POSADA J.A.; y PARRA, L.N. (2008). Diversity of Aquatic Macroinvertebrates of Páramo de Frontino, 2008. 30, 441–455.

RAMÍREZ, D., TALERO, G., y LOPEZ, R. (2013). Macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del Río Bogotá, Cajicá, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient. 16(1): 205 - 214.

RIVERA-USME, J.J., CAMACHO-PINZÓN, D.L., BOTERO-BOTERO, A. (2008) Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. Act. Biol. Colomb., 13(2): 133-146.

RIVERA-USME, J.J., PINILLA AGUDELO, G. A. y RANGEL, J. (2013). Ensamblaje de Macroinvertebrados Acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia. Calsasia 35, 389–408.

ROLDAN G., RESTREPO, y RAMÍREZ, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 2a edición. Medellín: Universidad de Antioquia.

ROLDAN, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia; Uso del método BMWP/Col. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 1a edición.

ROLDAN, G., POSADA, J., y GUTIERREZ, J. (2001). Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Alvarez Lleras No. 18.

ROLDÁN, G., (1999).- Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas, y naturales, 23(88): 375-387.

ROLDAN, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 1a edición.

ROLDAN, G. (1988). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Santa Fe de Bogotá: Fondo FEN- Colombia. Colciencias-Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda.

ROMERO, B. (2006). Ephemeroptera del parque natural cueva de los guacharos. Huila Colombia. Revista U.D.C.A. Actualidad y divulgación científica 9(1): 141-149.

SALAZAR, D. (2015). Efecto de la vegetación riparia sobre la composición y estructura de la comunidad de Macroinvertebrados Acuáticos y la calidad del agua, en dos vertientes de la microcuenca La Chorrera, Inza-Cauca .Trabajo de grado MRHC. Popayán: Universidad del cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educacion, Instituto de Posgrados. 80 p.

SALDARRIAGA, J.G.,(1991). Estudios de la amazonia colombiana V. recuperacion de la selva de "tierra firme" en alto rio negro amazonia colombiana venezolana. TROPENBOS Colombia Bogotá.

SANABRIA, J. (2010). Composicion de la comunidad de macroinvertebrados acuaticos y calidad biologica (BMWP) de la quebrada chapa (Loboguerrero, Valle del Cauca. trabajo de grado. de biologo Popayan. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educacion, Departamento de Biologia. 58p.

SANDOVAL, J.(2010). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados y caracterizacion de la calidad de agua mediante bioindicacion en la cuenca del rio Ovejas. Trabajo de grado de Maestría en recursos hidrobiológicos continentales. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educacion. Instituto de posgrados. 105p.

SILVEIRA, M.P. (2004) . Spatial and temporal distributionof Benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. In: Brazilian Journal of Biology. 66 (2B): 623-632 p.

TOMANOVA, S. y. TEDESCO. P. A (2007). Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de Anacroneuria spp. (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. Rev. Biol. Trop. 55: 67-81.

VALCARCEL D,R., (2011). Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos. Tesis para optar el titulo profesional de Biologo con mención Hidrobiología y Pesquería. Universidad nacional mayor de san Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. Lima-Perú. 93 p.

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J.R. y CUSHING, J. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.

VILLARREAL L,L. (2007). Efectos de los vertimientos de aguas residuales domesticas en la calidad biológica y fisicoquímica de la quebrada lavapiés municipio Sibundoy Putumayo. 2007. Trabajo de grado: Biólogo. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación, Departamento de Biología. Pag 128

ZAMORA, H. Análisis biogeográfico de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE) en el departamento del Cauca. *Rev. Asoc. Colomb. Cien. Biol.*, 14(1): 37–51, 2002.

_____ (2007). El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 19. 73-81.

ZUÑIGA L. (2012). Evaluación de la calidad de agua mediante la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores en la microcuenca el Quebradón del municipio de San Agustín- Huila. Trabajo de grado: Bióloga. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación, Departamento de Biología. pag 88.

ANEXOS

ANEXO A. LISTADO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PRESENTES EN LA QUEBRADA LA CABAÑA.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	M1T 1	M1T 2	M1T 3	M2T 1	M2T 2	M2T 3	M3T 1	M3T 2	M3T 3	M4T 1	M4T 2	M4T 3	TOTA L
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
			<i>Smicridea</i>	0	0	0	2	1	0	1	0	0	2	0	1	7
		Leptoceridae	<i>Oecetis avara</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
			<i>Triplectides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
			<i>Polypsectropus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
		Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
			<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	5
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	0	9	5	1	0	1	1	0	4	4	0	0	25
			<i>Baetodes</i>	0	0	3	0	11	5	0	0	2	0	0	0	21
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	0	0	13	2	0	0	1	2	12	7	2	3	42
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	2	7
	Díptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	2	0	2	0	3	0	0	0	2	0	1	2	12
		Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Hexatoma</i>	0	0	0	0	1	2	1	2	0	2	2	1	11
			<i>Molophilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Chironomidae	<i>Tanypodinae</i>	0	0	0	0	0	0	3	1	0	3	4	1	12
		Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

		Tabanidae	<i>Tabanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	1	5	25	36	16	7	19	26	22	25	44	5	231
			<i>Hetaerina</i>	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
		Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	0	0	0	0	3	6	0	9	0	0	0	1	19
		Aeshnidae	<i>Aeshna intricata</i>	0	0	0	0	3	0	0	4	0	0	0	0	7
			<i>Aeshna marchali</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Polythoridae	<i>Polythore</i>	0	0	2	0	3	1	1	0	3	0	0	0	10
			<i>Anax amazili</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
			<i>Macrothermis</i>	0	1	0	2	2	0	4	0	0	0	0	0	9
	Hemiptera	Gerridae	<i>Limnogonus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Brachymetra albinervis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	6
		Veliidae	<i>Microvelia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Elmidae	<i>Macrelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Hidrophilidae	<i>Tropisternus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	4
crustacea	Amphipoda	Hyalidae	<i>Hyallela</i>	1	1	0	5	1	0	5	0	0	3	2	1	19
	Decapoda	Pseudotelpusidae	<i>Hypolobosera</i>	1	0	4	2	1	2	0	2	5	2	2	0	21
Nematomorpha	Nematomorpha	Gordioidea	<i>Chordodidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
			TOTAL	7	19	60	69	53	25	36	47	53	62	64	23	518

ANEXO B. LISTADO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PRESENTES EN LA QUEBRADA LA GAITANA.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	M1T 1	M1T 2	M1T 3	M2T 1	M2T 2	M2T 3	M3T 1	M3T 2	M3T 3	M4T 1	M4T 2	M4T 3	TOTA L
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Smicridea</i>	3	2	1	2	8	0	2	17	0	27	14	0	76
			<i>Macronema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		Leptoceridae	<i>Oecetis avara</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
			<i>Triplectides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
			<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
			<i>Polypsectropus</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	7
		Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	2	7
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	6	0	1	0	10	0	7	1	1	0	0	0	26
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	0	10	0	0	0	0	0	9	3	7	11	3	43
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	12	7	2	4	13	0	17	4	0	17	23	1	100
	Díptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	1	4	0	1	0	0	1	0	2	0	2	11
		Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	0	1	0	7	0	0	1	0	0	4	0	13
			<i>Hexatoma</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Chironomidae	<i>Tanypodinae</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	5
		Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
			<i>Alluaudomyia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
		Tabanidae	<i>Chrysops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	9
		Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	3	8

		Aeshnidae	<i>Coryphaeshna</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Aeshna cerca intricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
		Polythoridae	<i>Anax amazili</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
		Libellulidae	<i>Brechmorhoga sp</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Macrothermis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			<i>Erythrodiplax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
	Hemipter	Veliidae	<i>Microvelia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Rhagovelia</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	9
	Coleoptera	Scirtidae	<i>Elodes</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
		Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	0	0	0	0	18	1	0	4	0	13	22	1	59
		Elmidae	<i>Macrelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
		Hidrophilidae	<i>Tropisternus</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	5	10
		Curculionidae	<i>Curculionadae</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Crustacea	Amphipoda	Hyallelidae	<i>Hyallela</i>	6	19	0	21	15	0	9	5	5	7	14	5	106
	Decapoda	Pseudotelpusidae	<i>Hypolobosera</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	4	1	9
Nematomorpha	Gordioidea	Chordodidae	<i>Chordodidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
			Total	35	41	15	28	77	10	40	45	21	78	101	52	543

ANEXO C. Puntaje BMWP/Col para los macroinvertebrados acuáticos.

FAMILIA	Q1T1	Q1T2	Q1T3	Q2T1	Q2T2	Q2T3
Perlidae	10	0	10	10	10	10
Polythoridae	10	10	10	0	0	10
Ptilodactylidae	10	0	0	10	10	10
Coenagrionidae	9	9	9	0	0	9
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9
Megapodagrionidae	0	9	9	0	0	9
Philopotamidae	9	9	9	0	9	9
Simuliidae	9	9	9	9	9	9
Gordioidea	0	0	9	0	0	0
Hydrobiosidae	0	9	0	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	9	9
Chordodidae	0	0	0	0	9	9
Pseudotelpusidae	8	8	8	8	8	8
Hydropsychidae	8	8	8	8	8	8
Baetidae	8	8	8	8	8	8
Gerridae	8	8	0	0	0	0
Leptoceridae	8	8	8	8	8	8
Veliidae	0	8	0	0	8	8
Polycentropodidae	7	7	0	7	0	7
Aeshnidae	7	7	0	0	0	7
Elmidae	0	7	0	7	0	7
Hyalaelidae	6	6	6	6	6	6
Libellulidae	6	6	0	0	0	6
Tabanidae	5	5	5	5	0	0
Curculionidae	0	0	0	5	0	0
Tipulidae	4	4	4	0	4	4
Hidrophilidae	4	4	0	0	4	4
Ceratopogonidae	0	0	4	4	4	4
Muscidae	3	0	0	3	0	0
Chironomidae	2	2	2	2	2	2
Tubificidae	1	0	1	0	1	1
PUNTAJE	151	160	128	109	126	181

ANEXO D. VALORES DEL INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y MARGALEF QUEBRADA LA CABAÑA

	SHANNON	MARGALEF
T1	1,85	2,98
T2	1,78	2,85
T3	2,01	2,74

ANEXO E. VALORES DEL INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y MARGALEF QUEBRADA LA GAITANA

	SHANNON	MARGALEF
T1	1,64	2,01
T2	1,95	2,45
T3	2,19	3,37

ANEXO F. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS DOS QUEBRADAS DE MUESTREO ZONAS ALTA, MEDIA Y BAJA

ZONA	ALTA	MEDIA	BAJA
La Cabaña	N: 2°29'23.6" W: 76°06'06.31"	N: 2°29'25.5" W: 76°06'04.01"	N: 2°29'27.89" W: 76°06'01.05"
La Gaitana	N: 2°29'37.73" W: 76°06'07.02"	N: 2°29'39.88" W: 76°06'04.16"	N: 2°29'42.88" W: 76°06'00.08"

ANEXO G. IMÁGENES DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.



Macronema



Hyalolella



Anacroneturia



Argia



Megapodagrion



Macrothemis



Hexatoma



Curculionidae



Smicridea



Hemiptera



Hemiptera



Limnophora



***Elodes* (vista ventral)**



***Elodes* (vista dorsal)**



Simulium

ANEXO H. IMÁGENES DEL ÁREA DE ESTUDIO QUEBRADA LA CABAÑA.



ANEXO I. IMÁGENES DEL ÁREA DE ESTUDIO QUEBRADA LA GAITANA.

