



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero en Gestión Ambiental.

**Título del Proyecto de Investigación:**

“INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL RIBEREÑA SOBRE LOS  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD HÍDRICA EN LOS RÍOS  
DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA EN LA ESTACIÓN LLUVIOSA,  
CANTÓN VALENCIA, ECUADOR”

**Autora:**

JASMÍN KATHERINE ARMIJO ALBÁN

**Directora del Proyecto de Investigación:**

Ing. M.Sc. CECILIA CAROLINA TAY-HING CAJAS

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador.**

**2015**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.**

Yo, **JASMÍN KATHERINE ARMIJO ALBÁN**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Jasmín Katherine Armijo Albán**

# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

La suscrita, **Ing. M.Sc. CECILIA CAROLINA TAY-HING CAJAS**, Docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la Estudiante **Jasmín Katherine Armijo Albán**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del Bosque Protector Murocomba en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Gestión Ambiental**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. M.Sc. Carolina Tay-Hing Cajas

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL RIBEREÑA SOBRE LOS  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD HÍDRICA EN LOS RÍOS  
DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA EN LA ESTACIÓN LLUVIOSA,  
CANTÓN VALENCIA, ECUADOR”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Gestión Ambiental.

**Aprobado por:**

---

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL  
Ing. Mariela Díaz Ponce

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
Ing. Julio Pazmiño Rodríguez

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
Ing. Oscar Prieto Benavides

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR  
2015

## **AGRADECIMIENTO.**

*Agradezco infinitamente primero a Dios por darme fuerza, carácter y voluntad para culminar una etapa más de mi formación profesional.*

*A mis padres Rómulo Armijo y Lucía Albán quienes son el motor de mi vida por quienes he luchado y luchare, gracias por su apoyo incondicional, confianza, paciencia y sobre todo por su amor infinito.*

*A mis hermanos Geovanny, Judith y Diana quienes son parte primordial de mi vida, por los cuales me he mantenido en pie de lucha.*

*A mi sobrinita Leslie Guadalupe Ulloa Armijo, mi pequeñita, mi ratona, quien con su sonrisa y con su frase de siempre “Pórtate Bien” me llena de confort y ganas de luchar.*

*A mis amigos Forestales y Ambientales los siempre, los de toda la vida Cristhian, Joseph, Fabián, Mishelle, Richitar, Emilio, Karolyn y Jessica gracias por su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de investigación, por sus sonrisas, sus chistes y sobre todo por su amistad sincera.*

*A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a los maestros de la Facultad de Ciencias Ambientales por los conocimientos, consejos y experiencias impartidas dentro y fuera del aula de clases.*

*Un agradecimiento profundo a mi Directora de tesis Ing. M.Sc. Carolina Tay-Hing Cajas; por su amistad, su confianza, sus consejos, sus valores y por la motivación constante.*

## **DEDICATORIA.**

Con el amor y el agradecimiento más profundo dedico esta investigación a mi familia: a mis padres Rómulo Armijo y Lucía Albán por su ilimitado apoyo perfectamente conservado a través del tiempo, a mis hermanos Geovanny, Judith y Diana quienes me han alentado constantemente y a mi sobrinita Leslie Guadalupe Ulloa Armijo; a todos ellos por su motivación y apoyo incondicional para lograr la culminación de mis estudios profesionales, por sus ejemplos de perseverancia y constancia, por su amor infinito gracias.

*Jasmín Katherine Armijo Albán*

## RESUMEN EJECUTIVO.

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de tres tipos de cobertura vegetal ribereña sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica del Bosque Protector Murocomba perteneciente al cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Se realizaron cuatro monitoreos (cada 45 días) en la estación lluviosa durante los meses de diciembre, en el año 2014; y enero, marzo y abril, en el año 2015, en las quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones). La metodología consistió en realizar recolecciones de comunidades de macroinvertebrados acuáticos, los cuales se identificaron en grupos taxonómicos hasta el nivel de familia. Se midieron in situ cinco variables fisicoquímicas: oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) y potencial de hidrógeno (pH), regulados según el Acuerdo Ministerial 028 y los constituidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS 1993), además de ello se determinó el caudal (Q) de cada área seleccionada.

Como resultado final del análisis se registró una abundancia total de 3669 individuos ubicados dentro de 2 clases, 10 órdenes y 34 familias; y los órdenes más abundantes fueron Trichóptera, Coleóptera y Ephemeroptera. Se procesó la información aplicando índices ecológicos alfa (Simpson, Shannon – Weaver, Equidad de Pielou) y beta (Sorensen). El índice de Dominancia de Simpson registró valores entre 0,6 a 0,9 y una dominancia de 0,2 a 0,4; el índice de Shannon-Wiener valores de diversidad que fluctuaron entre 1,5 a 2,3; el índice de Pielou presentó una diversidad relativa mínima de 0,5 y máxima de 0,8 y el índice cuantitativo de Sorensen registró un valor mínimo de similitud de 0,75 y un máximo de 0,84. También se analizaron los sistemas ribereños mediante el índice Calidad de Bosque de Riberas (QBR) cuyos valores permitieron determinar que la quebrada La Victoria tiene un grado de cobertura vegetal Muy Bueno, la quebrada El Congo posee un nivel de calidad Deficiente y la quebrada La Damita un nivel de calidad Moderado, además de ello, se calcularon los índices bióticos Ephemeroptera, Trichóptera y Plecóptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col) y Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador) cuyos resultados se enmarcaron dentro de criterios de calidad del agua Buena y Regular y se clasificó en gremios tróficos las familias de macroinvertebrados acuáticos.

**Palabras clave:** Calidad del Agua, Biomonitoreo Acuático, Índices Bióticos y Ecológicos.

## ABSTRACT.

The objective of the research was to assess the influence of three types of coverage on the riparian plant communities of aquatic macro-invertebrates and water quality of the protective Forest Murocomba belonging to the Valencia district, Los Ríos province. There were four monitoring (every 45 days) in the rainy season during the months of December, in the year 2014; and January, March and April, in the year 2015, in the ravines Victory (Native Forest), Congo (spoken) and Damita (Plantations). The methodology consisted of collections communities of aquatic macro-invertebrates, which were identified in taxonomic groups up to the family level. Were measured in situ five physic-chemical variables: Dissolved oxygen ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), electrical conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), total dissolved solids ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) and hydrogen potential (pH), regulated according to the Ministerial Agreement 028 and formed by the World Health Organization (WHO 1993), in addition to this it was determined the flow (Q) of each selected area.

As a final result of the analysis were register a total abundance of 3669 individuals located within 2 classes, 10 orders and 34 families; and the most abundant were orders Trichoptera, Coleoptera and Ephemeroptera. The information was processed by applying ecological indices alpha (Simpson, Shannon - Weaver, Pielou equity) and beta (Sorensen). The index of dominance of Simpson registry values between 0,6 to 0,9 and a dominance of 0,2 to 0,4 ; the index of Shannon-Wiener diversity values fluctuated between 1,5 to 2,3; the Pielou index of relative diversity presented a minimum of 0,5 and a maximum of 0,8 and the quantitative index of Sorensen registration a minimum value of similarity of 0,75 and a maximum of 0,84 . Also analyzed riparian systems through the index of quality forest of ditches (QBR) whose values allowed to determine that the quebrada victory has a degree of vegetative cover very good, the Quebrada El Congo has a level of poor quality and the quebrada The happening a moderate level of quality, in addition to this, it calculated the biotic indexes Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party of Colombia (BMWP-Col) and biological level of families (IBF - El Salvador) and the results are framed within quality criteria of the good water and regulate and classified into trophic guilds families of aquatic macro-invertebrates.

**Key Words:** Water Quality, Aquatic biomonitoring, Environmental and biotic Indices.

## CONTENIDO

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES .....	vii
ABSTRACT AND KEYWORDS.....	viiiviii
TABLA DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
CÓDIGO DUBLIN. ....	xviii
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Problema de investigación.....	4
1.2.1. Planteamiento del problema. ....	4
1.2.1.1. Diagnóstico.....	4
1.2.1.2. Pronóstico.....	5
1.2.2. Formulación del problema.....	5
1.2.3. Sistematización del problema.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos. ....	6
1.4. Justificación.....	7
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
2.1. Marco Referencial. ....	10
2.2. Marco Conceptual.....	12
2.2.1. Contaminación de Agua. ....	12

2.2.2.	La calidad del agua. ....	12
2.2.3.	Bioindicadores. ....	12
2.2.4.	Macroinvertebrados Acuáticos. ....	12
2.2.5.	Control biológico de la calidad. ....	13
2.2.6.	Índices biológicos ....	13
2.2.7.	Índices de diversidad. ....	13
2.2.8.	Taxón. ....	13
2.3.	Marco Teórico. ....	14
2.3.1.	Medio acuático. ....	14
2.3.2.	Contaminación del agua. ....	14
2.3.2.1.	Fuentes de la contaminación acuática. ....	14
2.3.3.	Calidad de agua. ....	14
2.3.4.	Parámetros físicos del agua. ....	15
2.3.4.1.	Conductividad. ....	15
2.3.4.2.	Temperatura del agua (°C). ....	15
2.3.5.	Parámetros químicos del agua. ....	15
2.3.5.1.	Oxígeno Disuelto (OD). ....	15
2.3.5.2.	Potencial de Hidrógeno (pH). ....	15
2.3.5.3.	Sólidos Totales Disueltos. ....	16
2.3.6.	Biomonitoreo. ....	16
2.3.7.	Bioindicadores de la Calidad de Agua. ....	16
2.3.8.	Gremios tróficos. ....	16
2.3.9.	Macroinvertebrados acuáticos. ....	16
2.3.9.1.	Importancia de los macroinvertebrados en las redes tróficas. ....	17
2.3.10.	Taxa de macroinvertebrados acuáticos. ....	17
2.3.10.1.	Orden Ephemeroptera. ....	17
2.3.10.2.	Orden Plecóptera. ....	18
2.3.10.3.	Orden Trichóptera. ....	18
2.3.10.4.	Orden Odonata. ....	18
2.3.10.5.	Orden Díptera. ....	18
2.3.10.6.	Orden Plecóptera. ....	19
2.3.10.7.	Orden Decápoda. ....	19
2.3.11.	Métodos biológicos para determinar la calidad del agua. ....	19

2.3.11.1.	Índices de diversidad. ....	19
2.3.11.1.1.	Índice de Simpson.....	19
2.3.11.1.2.	Índice de Shannon – Weaver (H).....	19
2.3.11.1.3.	Índice de equidad de Pielou.....	20
2.3.11.1.4.	Índice de similitud de Sorensen.....	20
2.3.11.2.	Índices bióticos.....	20
2.3.11.2.1.	Índice de Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (ETP%).....	20
2.3.11.2.2.	Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col).....	21
2.3.11.2.3.	Índice Biológico a Nivel de Familias (IBF-El Salvador).....	21
2.3.12.	Índice de cobertura vegetal.....	21
2.4.	Marco legal.....	22
2.4.1.	Constitución De La República Del Ecuador R.O. N° 449, Lunes 20 De Octubre del 2008.....	22
2.4.2.	Ley de Gestión Ambiental, Codificación.....	24
2.4.3.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	25
2.4.4.	Acuerdo Ministerial No. 028.....	27
	Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.....	27
 CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		29
3.1.	Localización.....	30
3.2.	Tipo de Investigación.....	31
3.3.	Métodos de la Investigación.....	31
3.4.	Fuentes de recopilación de investigación.....	31
3.5.	Diseño de investigación.....	32
3.5.1.	Determinación de la composición y abundancia de las comunidades de familias de macroinvertebrados acuáticos presente en tres quebradas con diferente cobertura vegetal en la zona de ribera.....	33
3.5.2.	Establecimiento de la calidad hídrica de las tres quebradas estudiadas mediante el uso de los índices Calidad de Bosque de Riberas (QBR) y los índices biológicos Ephemeroptera, Trichóptera y Plecóptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col) y Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador).....	34
3.5.2.1.	Índice de Calidad del Bosque Riberas (QBR).....	34
3.5.2.2.	Índice biótico Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (EPT%).....	34
3.5.2.3.	Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col).....	34

3.5.2.4.	Índice Biótico de Familias (IBF).	35
3.5.3.	Clasificación de los gremios tróficos de familias de macroinvertebrados acuáticos en tres quebradas con diferente cobertura vegetal presente en los ecosistemas acuáticos.	35
3.6.	Instrumentos de investigación.	35
3.7.	Tratamiento de los datos.	38
3.7.1.	Índice de Dominancia de Simpson.	39
3.7.2.	Índice de Shannon – Weaver.	39
3.7.3.	Índice Equidad de Pielou.	40
3.7.4.	Índice de Similitud de Sorensen.	41
3.8.	Recursos humanos y materiales.	42
3.8.1.	Recursos Humanos.	42
3.8.2.	Materiales de oficina.	42
3.8.3.	Materiales de campo.	43
3.8.4.	Materiales de laboratorio.	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1.	RESULTADOS.	45
4.1.1.	Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.	45
4.1.2.	Abundancia acumulativa de las familias.	46
4.1.3.	Variedad y Abundancia de macroinvertebrados específica para las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.	48
4.1.3.1.	La Victoria (Bosque Natural).	48
4.1.3.2.	El Congo (Intervenido).	49
4.1.3.3.	La Damita (Plantaciones).	51
4.1.4.	Aplicación de los índices de Simpson (D), Shannon - Weaver (H'), Pielou (J), Sorensen (Cs).	53
4.1.5.	Índice de similitud de Sorensen.	54
4.1.6.	Índice de calidad de bosque de ribera (QBR).	55
4.1.7.	Aplicación índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (EPT%).	56
4.1.8.	Aplicación del índice Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col).	57
4.1.9.	Aplicación del índice Biológico a Nivel de Familias.	58
4.1.10.	Análisis Físicos-Químicos de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita del Bosque Protector Murocomba.	60

4.1.10.1.	Oxígeno Disuelto.....	60
4.1.10.2.	Temperatura.....	62
4.1.10.3.	Conductividad Eléctrica.....	63
4.1.10.4.	Sólidos Totales Disueltos (STD). ....	64
4.1.10.5.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	66
4.1.11.	Medición del caudal.....	67
4.1.12.	Clasificación trófica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas “La Victoria, El Congo y La Damita. ....	68
4.2.	DISCUSIÓN.....	71
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		76
5.1.	Conclusiones.....	77
5.2.	Recomendaciones.....	81
CAPITULO VI BIBLIOGRAFIA .....		82
6.1.	LITERATURA CITADA.....	83
CAPÍTULO VII ANEXOS.....		91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas UTM .....	30
Tabla 2.	Variables fisicoquímicas medidas en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.....	33
Tabla 3.	Niveles y rangos de calidad QBR.....	36
Tabla 4.	Valores de referencia del Índice BMWP-Col.....	37
Tabla 5.	Evaluación de la calidad del agua usando el IBF (Hilsenhoff 1988). .....	37
Tabla 6.	Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de quebrada en estudio .....	39
Tabla 7.	Abundancia acumulativa y composición porcentual de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del Bosque Protector Murocomba.....	45
Tabla 8.	Riqueza de especies y abundancia de las especies más importantes .....	52
Tabla 9.	Valores de los índices de Simpson (D), Shannon - Weaver (H') y Pielou (J). .....	53
Tabla 10.	Oxígeno disuelto (mg/dm <sup>3</sup> ), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita..	61
Tabla 11.	Temperatura (°C) de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.....	62
Tabla 12.	Conductividad Eléctrica (µS/cm), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.....	63
Tabla 13.	Sólidos totales disueltos (mg/dm <sup>3</sup> ) quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.....	65
Tabla 14.	Potencial de hidrógeno (pH), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita .	66
Tabla 15.	Valores del caudal de las diferentes quebradas estudiadas.....	67
Tabla 16.	Clasificación en grupos dietarios de fauna de macroinvertebrados recolectados en las quebradas "La Victoria, El Congo y La Damita, Bosque Protector Murocomba.....	69

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Abundancia de familias de macroinvertebrados encontradas en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita, Bosque Protector Murocomba .....	47
Gráfico 2.	Total de taxas y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados recolectados en la quebrada La Victoria, Bosque Protector Murocomba. ....	49
Gráfico 3.	Total de taxas y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados colectados en la Quebrada El Congo, Bosque Protector Murocomba. ....	50
Gráfico 4.	Número total de taxas y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados colectados, Quebrada La Damita, Bosque Protector Murocomba. ....	51
Gráfico 5.	Índices de Simpson (D), Shannon-Weaver (H') y Pielou (J).....	54
Gráfico 6.	Índice de similitud de Sorensen, quebradas La Victoria, El Congo y La Damita. ....	55
Gráfico 7.	Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR).....	55
Gráfico 8.	Índice EPT% quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) .....	56
Gráfico 9.	Valores del Índice biótico BMWP-Col de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita. ....	58
Gráfico 10.	Índice del IBF-El Salvador de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita. ....	59
Gráfico 11.	Concentración de oxígeno disuelto .....	61
Gráfico 12.	Variación de la temperatura .....	62
Gráfico 13.	Variación de la conductividad eléctrica .....	64
Gráfico 14.	Variación de los Sólidos Totales Disuelto .....	65
Gráfico 15.	Variación del Potencial de Hidrógeno .....	66
Gráfico 16.	Valores de los caudales de las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) .....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1. BMWP/Col) .....	36
(Ecuación 2 Índice Biótico de Familias) .....	37
(Ecuación 3. Velocidad del agua) .....	38
(Ecuación 4. Altura media) .....	38
(Ecuación 5. Área transversal) .....	38
(Ecuación 6. Caudal del río).....	39
(Ecuación 7. Dominancia de Simpson).....	39
(Ecuación 8. Shannon – Weaver).....	40
(Ecuación 9. Equidad de Pielou).....	40
(Ecuación 10 Similitud de Sorensen).....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Árbol de Problemas.....	92
ANEXO 2.	Calificación del Índice Calidad de Bosque de Ribera (QBR).....	93
ANEXO 3.	Hoja para el cálculo del índice EPT%. .....	96
ANEXO 4.	Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col. ....	97
ANEXO 5.	Puntaje para las familias identificadas en el salvador IBF-SV .....	99
ANEXO 6.	Formato para el ingreso de datos en el Programa el Past Statistics .....	102
ANEXO 7.	Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. ....	102
ANEXO 8.	Clasificación en grupos dietarios de fauna de macroinvertebrados en las quebradas “La Victoria, El Congo y La Damita” .....	103
ANEXO 9	Fotografías de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en las quebradas estudiadas.....	104
ANEXO 10.	Fotografías de las actividades durante el monitoreo.....	106

## CÓDIGO DUBLIN.

<b>Título:</b>	Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del Bosque Protector Murocomba en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador.		
<b>Autora:</b>	Jasmín Katherine Armijo Albán		
<b>Palabras clave:</b>	Calidad del Agua	Biomonitoreo acuático	Índices Biológicos
<b>Fecha de publicación:</b>	Diciembre-15		
<b>Editorial:</b>	Quevedo: UTEQ. 2015		
<b>Resumen:</b>	<p><b>Resumen.-</b> La presente investigación se realizó en el Bosque Protector Murocomba localizado al suroeste del cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Con el objetivo de evaluar la influencia de tres tipos de cobertura vegetal ribereña sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica, se midieron parámetros físico-químico, aplicación de índices de diversidad alfa y beta, índices de cobertura vegetal, índices bióticos (ETP %, BMWP-Col e IBF-El Salvador) así como, clasificación de las familias de macroinvertebrados encontradas por grupos funcionales.</p> <p><b>Summary.-</b> This research was conducted in protected forest Murocomba located southwest of Canton Valencia province of Los Rios. In order to evaluate the influence of three types of riparian vegetation cover on communities of aquatic macroinvertebrates and water quality, physicochemical parameters, application rates of alpha and beta diversity, vegetation cover indices, biotic indices they were measured (ETP % BMWP-Col and IBF-El Salvador) as well as classification of the families of macroinvertebrates found by functional groups.</p>		
<b>Descripción:</b>	125 hojas docx. MS Word 2013; .pdf.		
<b>URI:</b>	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>		

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1. Introducción.

Según Alonso y Camargo afirman que los ecosistemas fluviales constantemente están sujetos a perturbaciones originadas por las actividades antrópicas. La regulación y rectificación de cuencas, la contaminación por materia orgánica, la eutrofización, la minería, entre otros, causan variaciones en la estructura y funcionamiento de las agrupaciones biológicas que residen los ríos (1).

De acuerdo con Yugán una de las mejores opciones para evaluar la calidad de los ambientes acuáticos es a través del uso de bioindicadores, los cuales pertenecen a un grupo de organismos, que por su sensibilidad a determinados contaminantes presentes en su hábitat, tienen la capacidad de cambiar la composición y estructura de sus poblaciones, llegando inclusive a extinguirse de un determinado medio acuático (2).

En la actualidad existen múltiples metodologías propuestas para el uso de la fauna de macroinvertebrados como indicadores de la calidad hídrica, las mismas que incluyen métodos cualitativos como cuantitativos y se han propuesto una amplia y diversa variedad de índices dependiendo las características de las áreas donde se utilicen (3). “Los macroinvertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio” (Álvarez y Pérez, 2007 como se citó de Roldán, 1993) (4), juegan un papel importante dentro de la red trófica de los sistemas hídricos (Guinard *et al.*, 2013 citado de Nieves *et al.*, 2010) (5).

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 - 2016 del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Valencia indican que el Bosque Protector Murocomba considerado Patrimonio Natural, creado oficialmente mediante Acuerdo N°. 236 del Ministerio del Ambiente el 17 de Diciembre del 2010, bajo la denominación de «Bosque y Vegetación Protector Murocomba» (6). En esta zona se desarrollan diversas actividades antrópicas las cuales afectan directamente a la reserva, trayendo como resultado quebranto de su riqueza natural y por ende degradación progresiva de sus recursos acuáticos. En este contexto la comunidad de macroinvertebrados los cuales constituyen un importante componente de la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos del Bosque Protector, su presencia y abundancia se está viendo afectada por el cambio de su

medio natural (pérdida de cobertura vegetal del Bosque Protector Murocomba por diversos factores ya sean de tipo natural o antrópico).

La presente investigación desarrollada en las quebradas La Victoria (cobertura vegetal ribereña con bosque natural bien conservado), El Congo (cobertura vegetal ribereña de pastizales, cultivos y rastrojos), y La Damita (cobertura vegetal ribereña con plantaciones forestales) tuvo como finalidad evaluar la influencia del paisaje ribereño sobre la fauna de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica del Bosque Protector Murocomba a través de monitoreo de variables fisicoquímicas (oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y potencial de hidrógeno) y caudal (Q), aplicación de índices de diversidad (Simpson, Shannon - Weaver, Equidad de Pielou y similitud de Sorensen), análisis de los sistemas ribereños mediante el uso del índice Calidad de Bosque de Riberas (QBR), aplicación de los índices bióticos (ETP %, BMWP-Col y el IBF - El Salvador), además de clasificar en grupos dietarios a los macroinvertebrados encontrados en cada zona de estudio.

## **1.2. Problema de investigación.**

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

En Bosque Protector Murocomba tiene un área total de 9902,934 has, ubicado al suroeste del cantón Valencia, en la Cooperativa Agropecuaria y Forestal Murocomba. Aledañas a las zonas de estudio se encuentran localizadas las comunidades Isla de la Libertad (entre las quebradas La Damita y La Victoria) y Murocomba (entre las quebradas La Victoria y El Congo). El paisaje del Bosque Protector Murocomba está constantemente transformándose a causa de la creciente intervención antrópica, provocando una degradación de la vegetación arbórea con la finalidad de obtener espacios físicos para el desarrollo de actividades tales como crianza de ganado vacuno, expansión de la frontera agrícola, asentamientos poblacionales, desarrollo de infraestructura vial e infraestructura educativa, etc., las mismas que afecta drásticamente al sistema hídrico. La población explota irracionalmente los bosques por la falta de una regulación específica que proteja las zonas no utilizadas y defina espacios para la explotación de los suelos fomentando de esta manera un buen aprovechamiento de las cuencas hídricas.

La disminución de la calidad hídrica de los hábitats dulceacuícolas del Bosque Protector Murocomba y la desaparición de la vegetación ribereña a causa del proceso continuo de transformación por las diversas actividades antrópicas desarrolladas afecta directa o indirectamente el hábitat en los cuales se desarrollan los macroinvertebrados acuáticos. Por esta razón se hace necesario el uso del biomonitoreo con macroinvertebrados acuáticos para determinar y establecer niveles o criterios de calidad del agua de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.

#### **1.2.1.1. Diagnóstico.**

El descenso de la cobertura vegetal ribereña en los márgenes de las quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) del Bosque Protector Murocomba por la intervención antrópica no planificada o causas de origen natural y la inexistencia de medidas preventivas para mitigar los elevados niveles de contaminación; da como resultado, una deficiente valoración del estado ecológico de las zonas y por ende

desaparición parcial o total de los grupos faunísticos acuáticos (macroinvertebrados), como efecto de la intolerancia de diversas especies a los distintos impactos en las fuentes hídricas (ver anexo 1).

#### **1.2.1.2. Pronóstico.**

La alteración progresiva de la calidad hídrica y los paisajes ribereños por incremento de las actividades silvopastoriles que se desarrollan en el área de estudio, genera como impacto directo el cambio de las condiciones de los hábitats y la variabilidad o pérdida drástica de la riqueza y distribución de la fauna de macroinvertebrados dentro de los escenarios acuáticos, dando como efecto el reemplazo de grupos funcionales, la inadecuada identificación de la cobertura vegetal ribereña, entre otros que juegan un papel muy importante en la dinámica ecosistémica y la composición del hábitat. Originando la pérdida de información relevante sobre las familias bentónicas existentes y su interacción con las características específicas de los puntos de monitoreo, que muestra el efecto negativo entre la degradación de los ecosistemas sobre la calidad del agua.

#### **1.2.2. Formulación del problema.**

¿Cuál es el efecto negativo en los macroinvertebrados acuáticos por la degradación del paisaje ribereño y la calidad del agua de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita del Bosque Protector Murocomba, del cantón Valencia, Ecuador?

#### **1.2.3. Sistematización del problema.**

¿Cuáles son las causas y consecuencias de la disminución de la cobertura vegetal ribereña de tres afluentes del Bosque Protector Murocomba? ¿Existe una relación entre los índices de diversidad y los índices biológicos aplicados para conocer la calidad del agua de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita?, ¿Cuál de los índices utilizados aportan información para determinar la calidad del agua?, ¿Son comparables los resultados obtenidos de la aplicación de los índices biológicos y del monitoreo de los parámetros fisicoquímicos para determinar los niveles de contaminación?

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Evaluar la influencia de tres tipos de cobertura vegetal ribereña sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica del Bosque Protector Murocomba en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar la composición y abundancia de las comunidades de familias de macroinvertebrados acuáticos presente en tres quebradas con diferentes coberturas vegetal en la zona de ribera.
- Establecer la calidad hídrica de las tres quebradas estudiadas mediante el uso de los índices Calidad de Bosque de Riberas (QBR) y los índices biológicos Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col) y Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador).
- Clasificar los gremios tróficos de familias de macroinvertebrados acuáticos en tres quebradas con diferente cobertura vegetal presente en los ecosistemas acuáticos.

#### **1.4. Justificación.**

La presente investigación tuvo como escenarios las quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) del Bosque Protector Murocomba, las mismas que se encuentran bajo crecientes presiones como consecuencia de la desaparición de la cobertura vegetal en los márgenes de sus cuencas hídricas a causa de las malas prácticas agrícolas, aumento del pastoreo, deforestación, crecimiento de los asentamientos poblacionales, entre otros, lo cual conlleva a generar efectos significativos en la calidad de los cuerpos hídricos, los mismos que están sucumbiendo y con ellos la biodiversidad dulceacuícola.

La calidad del agua de ecosistemas acuáticos, puede ser variable en función del tipo del hábitat o las actividades antrópicas que se desarrollen en las orillas de los mismos; por tal razón, en este estudio se utilizó el factor biológico que juega un papel muy importante ya que permite determinar por la presencia o ausencia de grupos de macroinvertebrados acuáticos los niveles de calidad del agua de las zonas de estudio. Información que se fortaleció con el monitoreo de las variables fisicoquímicas tales como oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) y potencial de hidrógeno (pH) con equipos portátiles, el uso del método flotador para la determinación del caudal (Q) de cada área seleccionada. Además el cálculo de índices de diversidad alfa (Dominancia de Simpson, Shannon - Weaver, Equidad de Pielou) y diversidad beta (similitud de Sorensen), análisis de los sistemas ribereños mediante el uso del índice Calidad de Bosque de Riberas (QBR), aplicación de los índices bióticos Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col) y Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador), así como la clasificación por grupos funcionales de cada una de las familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados por punto de muestreo.

El área del Bosque Protector Murocomba del cantón Valencia cuenta con un 20% de bosque primario, un 30% de bosque secundario y un 50% suelo dedicado a sistemas silvopastoriles y agroforestales (Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial 2012-2016 como se citó en el Plan de Manejo Ambiental, 2010) (6). Debido a la creciente transformación de su cobertura vegetal se fundamenta y justifica la realización del presente

estudio en cual tiene como finalidad evaluar la influencia de la cobertura boscosa sobre la calidad de agua y la incidencia que tiene sobre los macroinvertebrados acuáticos, en las zonas de estudio (La Victoria, El Congo y La Damita), además de ello la información obtenida permitirá definir posibles estrategias de conservación y protección de los cuerpos hídricos y de las coberturas de bosque en sus riberas.

A través del diagnóstico de la salud de los sistemas acuáticos del sector y la intervención de expertos, autoridades y la población residente, con este tipo de investigaciones se podría adoptar una conciencia ambiental a través la definición de políticas que permitan mitigar los impactos paisajísticos y evitar el deterioro de los ecosistemas acuáticos los mismos mantienen la funcionalidad ecológica del Bosque Protector.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco Referencial.

El biomonitoreo acuático ha sido objeto de innumerables investigaciones desarrolladas a nivel mundial para determinar la calidad del agua, los resultados encontrados van en dependencia de la frecuencia y duración de cada muestreo, características de cada sistema fluvial, número de sectores y metodologías empleadas.

En el año 2014 se publicó la investigación realizada por Morelli y Verdi en la cuenca del Río Negro, ubicada geográficamente en el centro de Uruguay, sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. Se seleccionaron 16 sitios de muestreo en 8 arroyos y la metodología específica utilizada en el proceso de monitoreo consistió en la recolección de macroinvertebrados durante un año entre diciembre del 2006 y diciembre de 2007, medición in situ de parámetros físicoquímicos tales como temperatura 20,7 °C, oxígeno disuelto 3,17 mg/l<sup>-1</sup>, pH 7,36 y conductividad 233,1 μS e índices ecológicos para determinar la diversidad alfa (Shannon-Weaver H' 1,93, dominancia de Simpson D 0,23 y equidad de Pielou J' 0,75) y diversidad beta (similitud de Bray-Curtis mayor similitud entre los sitios E15 y E11 57%), los grupos tróficos dominantes fueron los depredadores (51%) y colectores-recolectores (20%) (7).

El año 2013 se publicó la investigación realizada entre los meses de septiembre y octubre del año 2009 por Forero y Reinoso en 14 estaciones ubicadas en la cuenca del río Opía (Tolima-Colombia) donde se midieron 10 variables físico-químicas (conductividad eléctrica, turbiedad, alcalinidad, dureza total, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno), se emplearon índices de riqueza de Margalef (D), diversidad de Shannon-Wiener (H'), similitud de Jaccard, índices bióticos Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera (EPT), Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col) e índice de familias por Hilsenhoff (IBF), además los índices de calidad de agua (ICA), índice de contaminación por mineralización (ICOMI) y el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), además de determinar la estructura de la comunidad bentónica con una recolección total de 11573 macroinvertebrados acuáticos agrupados en 4 phyla, 7 clases, 16 ordenes, 50 familias y 98 géneros (8).

En el municipio de San Luis, departamento de Antioquia (Colombia), en el año 2008, Arango, *et al.* realizaron dos muestreos (período seco y lluvioso), donde se midieron variables físicas (caudal y la velocidad de la corriente), indicadores fisicoquímicos (pH 7,07-6,83, temperatura 19,5 y 22,4 °C, conductividad 13,10- 24,90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oxígeno disuelto 4,19- 9,78 mg/L y Saturación de O<sub>2</sub> 64,60 - 130,10 %), se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Weaver, y los índices BMWP-Col, ETP y ASPT, la cobertura de vegetación ribereña presentó un nivel de calidad entre ligera y fuertemente perturbado (9).

En la provincia de Pastaza - Ecuador en los ríos: Pindo Mirador, Pindo Grande y Alpayacu, en el año 2012, Endara realizó el análisis de la diversidad y la abundancia de la fauna de macroinvertebrados a través de la utilización de los índices BMWP/Col y EPT. Los órdenes Plecóptera, Efemeróptera y Trichóptera predominaron en los ríos Pindo Mirador y Pindo Grande dando como resultado un nivel de calidad de agua muy buena, por el contrario, el río Alpayacu por la elevada intervención antrópica, la diversidad y la abundancia de los órdenes Plecóptera, Efemeróptera y Tricóptera disminuyó dramáticamente, catalogándose a esta zona con un criterio de calidad ambiental de moderadamente contaminado (10).

## **2.2. Marco Conceptual.**

### **2.2.1. Contaminación de Agua.**

Es el cambio de las características organolépticas, físicas, químicas, radioactivas y microbiológicas como consecuencia de las diversas actividades desarrolladas ya sean de origen natural o antrópico que se dan en un determinado medio acuático y por ende afectación directa al consumidor (11).

### **2.2.2. La calidad del agua.**

La calidad del agua se encuentra condicionada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de un determinado sistema hídrico. Existen diversos factores que intervienen en la calidad de un ecosistema acuático que incurren en sus condiciones físico – químicas, en la flora y fauna, no obstante, los procesos antrópicos son los principales causantes de la afectación progresiva de este recursos (12).

### **2.2.3. Bioindicadores.**

“Especie (o ensamble de especies) que poseen requerimientos particulares con relación a uno o a un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indiquen que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia” (Gamboa *et al.*, 2005 citado de Rosemberg & Resh, 1993) (13).

### **2.2.4. Macroinvertebrados Acuáticos.**

Animales invertebrados que en cierto estadio inmaduro de su ciclo de vital residen exclusivamente en un sistema acuático, pueden ser visualizados a primera vista, tienen un tamaño superior a 0.5 mm de longitud y son empleados como bioindicadores de la calidad hídrica (10).

### **2.2.5. Control biológico de la calidad.**

El control biológico se lo realiza mediante el estudio de los diversos organismos o comunidades biológicas que se hallan dentro del sistema hídrico, considerando el grado de tolerancia a la contaminación provocada por diversas acciones de origen natural o antrópico, lo cual afecta directamente en su composición y abundancia, determinando de forma acertada nivel de calidad del agua en un determinado ecosistema que acuático (14).

### **2.2.6. Índices biológicos**

Los índices biológicos son aquellos que mediante la asignación a de un valor o puntaje de tolerancia a los organismos acuáticos, indican el nivel de calidad del agua, pero no determina los agentes contaminantes a los que se encuentra sometido un determinado ecosistema hídrico (15).

### **2.2.7. Índices de diversidad.**

Los índices de diversidad son “expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equidad (uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies y abundancia (número total de organismos presentes)” (Arce y leiva, 2009 citado de Metcalfe) (16).

### **2.2.8. Taxón.**

Ordena y clasifica (clasificación jerárquica), tomando en cuenta las similitudes existentes de a los seres vivos (17).

## **2.3. Marco Teórico.**

### **2.3.1. Medio acuático.**

El hábitat acuático está determinado por las características del agua tales como estructura química, densidad, capacidad calórica, tensión superficial entre otros (18). Según Hanson *et al.*, determinan que un medio acuático se halla conformado por aguas con corriente (ambientes lóticos) y aguas sin corriente (ambientes lénticos) (19). Los ecosistemas lóticos están caracterizados por poseer un continuo y rápido flujo de sus aguas, por el contrario, los ecosistemas lénticos son aguas quietas (20).

### **2.3.2. Contaminación del agua.**

La contaminación del agua como cualquier transformación de origen natural o antrópica, que afecta de forma directa o indirectamente a la calidad original de las fuentes hídricas, perturbando y destruyendo los recursos naturales (Auquilla, 2005 citado de FAO, 1993) (21). La contaminación del agua es uno de los principales causantes de la disminución y extinción progresiva de especies de origen animal y vegetal (22).

#### **2.3.2.1. Fuentes de la contaminación acuática.**

La contaminación del agua puede ocurrir por dos fuentes principales: fuentes no puntuales (actividades agrícolas, ganaderas, fumigaciones, entre otros) y fuentes puntuales (aguas negras, desechos industriales, etc.). Los principales contaminantes del agua son: las aguas residuales agentes infecciosos, nutrientes vegetales, productos químicos, minerales inorgánicos y compuestos químicos, sedimentos formado, Sustancias radiactivas, calor, mercurio, contaminación cloacal, plásticos, represas, entre otros). (23)

### **2.3.3. Calidad de agua.**

La calidad del agua es un término que se lo define de acuerdo al uso potencial que se le dé a este recurso (2). Según Chávez y Orantes indican que la calidad del agua va en dependencia de las características físicas, químicas y biológicas de un determinado sistema acuático ya sea superficial o subterráneo (24).

## **2.3.4. Parámetros físicos del agua.**

### **2.3.4.1. Conductividad.**

La conductividad eléctrica es un parámetro que influye en el aumento o disminución de la diversidad de especies en un determinado medio acuático, es decir, un incremento en la diversidad de especies es porque se presenta un bajo nivel de conductividad, por el contrario, cuando el nivel de conductividad aumente existe una disminución de la diversidad de organismos (Camargo, 2010 citado de Roldán, 1992) (25).

### **2.3.4.2. Temperatura del agua (°C).**

La temperatura del agua es un parámetro determinante regulador directo de la concentración de oxígeno de un ecosistema hídrico, la forma como un determinado organismo acuático emplea la energía disponible (tasa metabólica) y los procesos vitales tales como el crecimiento, la maduración y la reproducción (24).

## **2.3.5. Parámetros químicos del agua.**

### **2.3.5.1. Oxígeno Disuelto (OD).**

Zhen afirma que el oxígeno disuelto es uno de los parámetros que determina la sobrevivencia de los organismos acuáticos dentro de un determinado ecosistema hídrico, oxidante que se halla en la atmósfera, es un factor indispensable en las reacciones de oxidación-reducción acuosas, y la respiración microbiana (26).

### **2.3.5.2. Potencial de Hidrógeno (pH).**

Según Allan y Castillo determinan que los cambios o descenso del pH en un determinado sistema hídrico tienen afectaciones directas en las especies que habitan en dicho entorno (27). Un gran número de comunidades acuáticas se desarrollan en un pH entre 5,6 a 8,5; rango igualmente demandado para el agua de consumo humano (Chávez y Orantes, 2010 citado por MINAE, 2003) (24).

### **2.3.5.3. Sólidos Totales Disueltos.**

Los TDS (Total Dissolved Solids) representan la cantidad total de sólidos disueltos en el agua, existe una relación estrecha entre los TDS y la conductividad eléctrica, un aumento progresivo en la cantidad de sales disueltas en el agua, indica una mayor conductividad eléctrica (Chávez y Orantes, 2010 citado de LENNTECH, 2009) (24).

### **2.3.6. Biomonitorio.**

El biomonitorio biológico es una técnica económica, empleada para la evaluación de los niveles de contaminación a los que se encuentra sometido un sistema acuático e indicar su calidad ambiental, sin embargo la gran desventaja que presenta este método es que señala que existe afectaciones o alteraciones en un ambiente hídrico, pero no identifica el químico contaminante que está provocando dicha alteración (28)

### **2.3.7. Bioindicadores de la Calidad de Agua.**

Los bioindicadores son un grupo muy variado utilizado para la determinación de la contaminación o las presiones a las cuales se encuentra sometido un sistema hídrico, son generalmente seleccionadas por el grado de sensibilidad a determinados niveles de perturbación ambiental (29).

### **2.3.8. Gremios tróficos.**

Según Chará-Serna *et al.*, las diferentes relaciones tróficas de los macroinvertebrados dependen de la estructura y funcionamiento de los sistemas acuáticos, lo cual influye en su ciclo de vida, selección de su hábitat, comportamiento, hábitos alimentarios etc. (30).

### **2.3.9. Macroinvertebrados acuáticos.**

Los grupos de macroinvertebrados acuáticos que residen en los sistemas hídricos muestran diversas adaptaciones, son un factor determinante dentro de los procesos ecológicos de los ecosistemas acuáticos, los cuales se ven afectados por las diversas actividades antrópicas

desarrolladas (19). Las poblaciones de macroinvertebrados se usan como testigos biológicos del nivel de la afectación ambiental de los ecosistemas hídricos, expresan las condiciones y los cambios ecológicos que ocurren en los escenarios acuáticos (Arango *et al.*, 2008 como se citó en el Alba Tercedor, 1996) (9).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos constituyen el componente de biomasa animal más significativo en las fuentes hídricas, son los responsables directos en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes alimenticias (31).

Carrera y Fierro indican que los macroinvertebrados acuáticos se desarrollan o pueden vivir en hojas que flotan, troncos que se han caídos o se hallan en estado de descomposición, en aguas corrientes o aguas quietas, en las piedras, etc., además, poseen la capacidad de multiplicarse en cantidades mayores cuando encuentran los requerimientos alimenticios tales como plantas o restos de otras plantas, invertebrados, restos de alimentos en descomposición, entre otros, los cuales son indispensables para el desarrollo de la fauna bentónica dentro de un determinado ecosistema hídrico (32).

#### **2.3.9.1. Importancia de los macroinvertebrados en las redes tróficas.**

La fauna de macroinvertebrados acuáticos son el componente de biomasa animal más significativo en muchos ecosistemas acuáticos, juegan un papel esencial en la transmisión de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de la red alimenticia (33).

#### **2.3.10. Taxa de macroinvertebrados acuáticos.**

##### **2.3.10.1. Orden Ephemeroptera.**

Mafla afirma que el orden Ephemeroptera tienen una vida efímera en su etapa adulta (pueden vivir de 5 minutos hasta un máximo de tres o cuatro días) (34). Son un grupo de consumidores primarios viven en aguas quietas o corriente, se encuentran en todos los sistemas acuáticos disponibles, son generalmente herbívoros, considerados un componente

importante en la fauna bentónica, son utilizadas como indicadores biológicas de la calidad del agua de diversos ambientes acuáticos que se encuentran sometidos a numerosas alteraciones (35).

#### **2.3.10.2. Orden Plecóptera.**

El orden Plecóptera (“*Plecos*”=“*Plegar*”, “*Pteros*”=“*Alas*”), también conocido como moscas de la piedra, es un grupo de insectos con una metamorfosis incompleta (huevo, ninfa y adulto), son detritívoros (etapa temprana) y carnívoros (etapa adulta), su respiración es de tipo hidropneustica obteniendo el oxígeno del agua (36).

#### **2.3.10.3. Orden Trichóptera.**

Los Trichópteros son un grupo de macroinvertebrados que habitan en ecosistemas acuáticos de aguas limpias y bien oxigenadas, su ciclo de vida se basa en cuatro estadios (huevo, larva, pupa y adulto) y forman parte de la cadena alimenticia de los peces ranas murciélagos entre otros (37).

#### **2.3.10.4. Orden Odonata.**

Los odonatos, conocidas como libélulas o caballitos del diablo tienen una metamorfosis incompleta (hemimetábolos), su período larval es acuático en cual varía desde dos meses hasta tres años para desarrollarse hasta la etapa adulta, la misma que varía de pocos días hasta tres meses (38).

#### **2.3.10.5. Orden Díptera.**

Los dípteros son un grupo de invertebrados acuáticos holometábolos, es decir, tiene cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras depositan sus huevos en el agua, adheridos a piedras o vegetación flotante. La mayoría de las larvas, no poseen patas torácicas. Este grupo está representado por las familias Tipulidae, Culicidae, Simuliidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, entre otros (38).

### **2.3.10.6. Orden Plecóptera.**

Este grupo de macroinvertebrados acuáticos, se caracteriza, por habitar en aguas altamente oxigenadas y con un criterio de calidad de aguas limpias, en su estadio de vida larval se caracterizan por poseer dos cerdas en la parte posterior, respiran por medio de agallas y a través de su piel (2).

### **2.3.10.7. Orden Decápoda.**

Son aquellos individuos que se caracterizan por tener diez patas (decápodos), habitan en diversos medios acuáticos tales como aguas dulces y salobres, también pueden sobrevivir en regiones templadas y tropicales. Pueden alcanzar un tamaño de más de 60 cm (34).

## **2.3.11. Métodos biológicos para determinar la calidad del agua.**

### **2.3.11.1. Índices de diversidad.**

Los índices de diversidad se definen como un conjunto de expresiones matemáticas en las cuales se emplean tres componentes principales de la estructura de la comunidad: riqueza, equidad y abundancia de los organismos presentes en un determinado medio acuático (Arce y Leiva, 2009 citado de Metcalfe, 1989) (16).

#### **2.3.11.1.1. Índice de Simpson.**

Simpson es un índice que indica riqueza de las especies más común en un determinado medio acuático, haciendo referencia al mayor número de especímenes encontradas en una muestra total de individuos. Tiene un rango de 0 a 1 (39).

#### **2.3.11.1.2. Índice de Shannon – Weaver (H).**

El índice de Shannon - Weaver “expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en

predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección” (Moreno, 2001 como se citó en el Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995) (40).

#### **2.3.11.1.3. Índice de equidad de Pielou.**

El índice equidad de Pielou se refiere la distribución de los taxones, en los distintos puntos de muestreo su valor va de 0 a 1 (40) Moreno indica que el índice de Pielou “mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada” (40).|

#### **2.3.11.1.4. Índice de similitud de Sorensen.**

Sorensen en un índice que utiliza datos cualitativos, es decir depende de la presencia o ausencia de los macroinvertebrados en un determinado ecosistema acuáticos, se mide en un rango que va de 1 cuando existe una similaridad de especies completa y 0 cuando no presentan especies en común (41).

#### **2.3.11.2. Índices bióticos.**

Los índices biológicos se utilizan en forma complementaria a mediciones de análisis físicos y químicos; mediante su cálculo es improbable conocer los agentes contaminantes que se hallan en un determinado medio, no obstante los diversos métodos empleados permiten conocer si determinado sistema hídrico se encuentra sometidos a tensiones a causa de afectaciones de origen natural o antrópico (9).

##### **2.3.11.2.1. Índice de Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (ETP%).**

Carrera y Fierro indican que el EPT% es un índice que considera la presencia o ausencia de tres grupos de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera en una población biológica. El índice ETP se calcula utilizando una hoja de campo en la cual se toman en cuenta la clasificación de los organismos, la abundancia (número de individuos) y los ETP presentes. A continuación los ETP presentes se divide por la abundancia total, obteniendo un valor el cual se compara con una tabla de clasificaciones que determina los niveles de calidad de un cuerpo de agua que van de muy buena a mala (32).

#### **2.3.11.2.2. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col).**

El índice BMWP “ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos en 10 categorías siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación, donde el 10 significa menor tolerancia a la contaminación y 1 de mayor tolerancia” (Barinas, 2008 como se citó en Alba-Tercedor, 1996) (42).

El índice Biological Monitoring Working Party se calcula sumando las puntuaciones establecidas a los diversos taxones hallados en las muestras de organismos acuáticos, la puntuación (mayor o menor) se asignada en función del grado de sensibilidad a la contaminación que se encuentra expuesta un determinado medio (39).

#### **2.3.11.2.3. Índice Biológico a Nivel de Familias (IBF-El Salvador).**

Según Acuña indica que para calcular el índice biótico de familias (IBF) se asigna a cada una de las familias presentes en un determinado ecosistema acuático un puntaje de tolerancia, de 0 cuando son menos tolerante y el 10 a las especies más más tolerante (43).

#### **2.3.12. Índice de cobertura vegetal.**

La vegetación ribereña se despliega en las zonas lindantes a un sistema fluvial, el sector comprende entre la orilla y la ribera. Para determinar la cobertura vegetal total y su nivel de calidad se hace el empleo del QBR (Calidad de Bosques de Ribera) índice que toma en cuenta la vegetación ribereña agrupándolos en cuatro secciones como son el grado de cobertura vegetal, la complejidad de la vegetación, morfología de las riberas y la naturalidad del canal fluvial. La evaluación de las secciones mencionadas son evaluadas a partir de una hoja de campo, se valora con una puntuación de 0 a 25, finalmente la suma de todas las secciones establece el valor del índice QBR, el mismo que tiene un rango que varía entre 0 y 100 (44).

## **2.4. Marco legal.**

### **2.4.1. Constitución De La República Del Ecuador R.O. N° 449, Lunes 20 De Octubre De 2008.**

La Constitución del Ecuador garantiza la protección de los recursos naturales y la prevención de la contaminación, a continuación se presentan los artículos pertinentes:

#### **TÍTULO II DERECHOS.**

##### *Sección Segunda, Ambiente Sano.*

**Art 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

#### **CAPÍTULO SÉPTIMO.**

##### *Derechos de la naturaleza.*

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

## TITULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR.

### *Capítulo Segundo Biodiversidad y recursos naturales.*

#### *Sección Primera, Naturaleza y Ambiente.*

**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete.

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

#### *Sección Sexta. Agua.*

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo

hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

## **2.4.2. Ley de Gestión Ambiental, Codificación.**

Título II Del Régimen Institucional de la Gestión Ambiental.

*Capítulo II De la Autoridad Ambiental.*

**Art. 8.-** La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

El Ministerio del ramo, contará con los organismos técnicos - administrativos de apoyo, asesoría y ejecución, necesarios para la aplicación de las políticas ambientales, dictadas por el Presidente de la República.

*Capítulo V Instrumentos de Aplicación de Normas Ambientales.*

**Art. 33.-** Establéense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

**Art. 35.-** El Estado establecerá incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales. Las respectivas leyes determinarán las modalidades de cada incentivo.

*Título VI De la Protección de los Derechos Ambientales.*

**Art. 41.-** Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédase acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución Política de la República.

**2.4.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.**

Título I. Disposiciones Generales.

*Capítulo I. De los Principios.*

**Artículo 1.-** Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

**Artículo 3.-** Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Título II. Recursos Hídricos.

*Capítulo I. Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos.*

**Artículo 13.-** Formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.

Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

**Artículo 14.-** Cambio de uso del suelo. El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.

Título V. Infracciones, sanciones y responsabilidades.

*Capítulo I. Infracciones*

**Artículo 150.-** Clasificación de infracciones. Las infracciones administrativas contempladas en esta Ley se clasifican en leves, graves y muy graves.

**Artículo 151.-** Infracciones administrativas en materia de los recursos hídricos. Las infracciones administrativas en materia de recursos hídricos son las siguientes:

*a) Infracciones leves:*

1. Provocar el anegamiento de terrenos de terceros y caminos públicos, cuando la responsabilidad sea del usuario.
2. Poner obstáculos en el fondo de los canales u otros artificios para elevar el nivel del agua.

*b) Infracciones graves:*

1. Modificar sin autorización, el entorno de las fuentes de agua con las que se provee el consumo humano o riego.
2. Cuando personas que no pertenezcan a la comunidad impidan la aplicación de derecho

#### **2.4.4. Acuerdo Ministerial No. 028.**

##### **Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.**

### **0 Introducción**

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
5. Permisos de descarga;
6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas, de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

## **1. Objeto**

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

## **2. Clasificación**

### **4.1** *Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos*

1. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
2. Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
3. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
4. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
5. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
6. Criterios de calidad para aguas de uso estético.

### **4.1.2** *Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.*

**4.1.2.1** Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

El Bosque Protector Murocomba que se encuentra localizado en la Cooperativa Agropecuaria y Forestal Murocomba al suroeste del cantón Valencia, Ecuador. Se encuentra a una altitud entre 800 - 1000 msnm y está situado a  $79^{\circ}6'48''$  de longitud oeste y  $0^{\circ}36'39''$  de latitud sur. Tiene una precipitación media anual de 2700mm, la temperatura media anual de  $24^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa es de 86% (6).

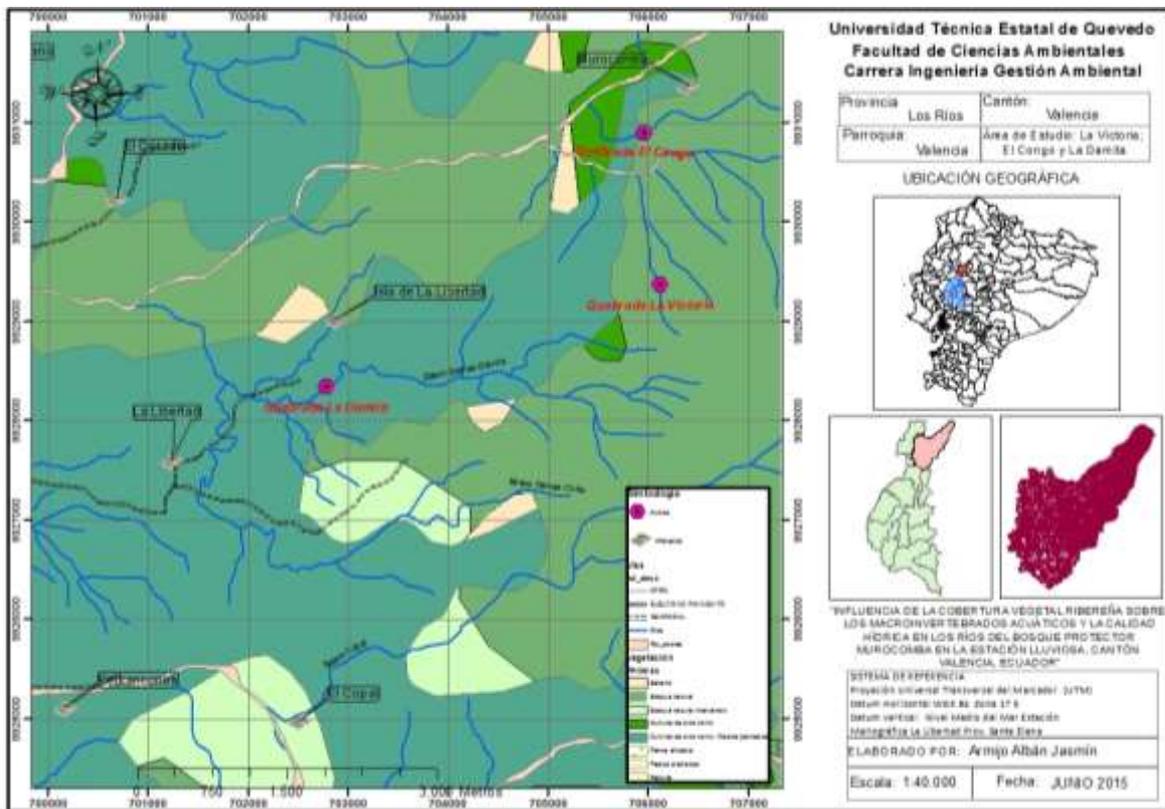
Las zonas de estudio comprenden los cauces de las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones).

**Tabla 1. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas UTM.**

N°	PUNTOS	Coordenadas UTM	
		X	Y
1	La Victoria	702788	9928341
2	El Congo	706125	9929373
3	La Damita	705960	9930891

Elaborado: Autora (2015)

**Figura 1. Localización del área de estudio.**



Elaborado: Autora (2015)

### **3.2. Tipo de Investigación.**

La presente investigación es de tipo exploratoria y diagnóstica, mediante recolección e identificación de fauna de macroinvertebrados acuáticos, aplicación de índices biológicos y medición de parámetros físicoquímicos, se identificó la relación entre la cobertura vegetal ribereña, la calidad hídrica y los macroinvertebrados acuáticos del Bosque Protector Murocomba, logrando tener un conocimiento más actualizado de la problemática.

### **3.3. Métodos de la Investigación.**

El presente estudio se utilizó los métodos de observación y deductivo:

**Método de Observación.-** Es un método empírico que mediante un examen minucioso y objetivo del fenómeno a estudiar aportan datos preliminares del comportamiento de las zonas expuestas a estudio, permite determinar la situación actual, entender la problemática y lograr definir las estrategias para el cuidado y protección.

**Método Deductivo.-** Se utilizó para el correspondiente análisis de los resultados obtenidos de la investigación pues existirán datos que deben ser analizados de lo general a lo específico.

### **3.4. Fuentes de recopilación de investigación.**

La información documentada se obtuvo de dos fuentes: primarias y secundarias.

Entre las fuentes primarias tenemos:

- Recolección de muestras de macroinvertebrados en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita durante los meses de diciembre, enero, marzo y abril.

Las fuentes secundarias se basaron en:

- Artículos científicos
- Revistas científicas
- Documentos normativos
- Documentos de sitios web

### 3.5. Diseño de la investigación.

La presente investigación es de tipo no experimental debido a que los macroinvertebrados fueron observados en su estado natural, durante el mes de diciembre del 2014 y los meses de enero, marzo y abril del 2015, en la estación lluviosa, con una frecuencia de 45 días cada monitoreo. Los puntos de muestreo están comprendidos por tres quebradas que son La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones), que fueron seleccionados por poseer diferencias en la diversidad de la cobertura vegetal ribereña, tipo de caudal – sustratos y usos de suelo. Las distancias están comprendidas de La Victoria a La Damita es de 4500 metros y de La Victoria al El Congo es de 550 metros.

**Tabla 2. Características físicas de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita durante los cuatro muestreos en la estación lluviosa.**

Variables	PUNTOS DE MUESTREO (QUEBRADAS)			
	LA VICTORIA (1)	EL CONGO (2)	LA DAMITA (3)	
Valores de la corriente	Velocidad promedio de la corriente (m/s)	5.73 m/s	7.04 m/s	8.16 m/s
	Caudal promedio (m <sup>3</sup> /s)	Aguas arriba 59.05 m <sup>3</sup> /s Aguas Abajo 42.77 m <sup>3</sup> /s	Aguas arriba 76.13 m <sup>3</sup> /s Aguas Abajo 79.96 m <sup>3</sup> /s	Aguas arriba 92.95 m <sup>3</sup> /s Aguas Abajo 111.98 m <sup>3</sup> /s
Hábitats	Tipos de flujo de corriente	Laminar	Laminar	Laminar
	Tipo de sistema de aguas	Sistemas lóticos	Sistemas lóticos	Sistemas lóticos
	Tipos de flujo de corriente	Laminar	Laminar	Laminar
	Sustrato del lecho principal	Piedras Rocas	Grava Piedras	Arena
Caudal	Tipo de flujo	Moderado	Rápido	Rápido
	Formas de caudal	Recto	Recto	Recto
Uso de Suelo	No intervenido por actividades antropogénicas	Ganadería	Producción forestal	

Elaborado: Autora (2015)

En cada visita de monitoreo, se realizó la medición de aforo, para determinar el caudal Q (m<sup>3</sup>/s) que fluye por los ríos La Victoria, El Congo y La Damita se empleó el “método del flotador”, Ramírez *et al.*, establecen que esta técnica consiste en arrojar un cuerpo flotante al agua, cronometrar la trayecto recorrido, luego medir la profundidad promedio y calcular el área transversal (45).

Para la recolección de la fauna de macroinvertebrados se empleó dos métodos como red tipo D-net (20 arrastres) y recolección manual, en una extensión aproximada de 100 metros longitudinales en cada uno de los tres puntos de muestreo seleccionados. Según Samanez *et al.*, manifiesta que la red tipo D-net se emplea para realizar un barrido a lo largo de las orillas o recodos de la corriente, por el contrario, la recolección manual el método consiste en mover rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se recolectan numerosos organismos adheridos (46).

Una vez recolectados los macroinvertebrados se vaciaron sobre un cernidero o sencillamente sobre la misma red, para lavar el exceso de arena y lodo, luego se procedió a guardar en recipientes de plástico respectivamente etiquetados (por punto y fecha de muestro) con alcohol al 70% para posteriormente ser identificados hasta el nivel taxonómico de clase, orden y familia, con la ayuda de claves taxonómicas de Roldan, Fernández y Domínguez en el laboratorio de Microbiología perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Adicionalmente se consideró la medición de las variables fisicoquímicas en cada punto de muestreo, de las que se obtuvo la media por punto de monitoreo, como se describe en la tabla 3.

**Tabla 3. Variables fisicoquímicas medidas en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.**

<b>VARIABLES FISICOQUÍMICAS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>EQUIPOS PORTÁTILES</b>
Oxígeno disuelto	mg/dm <sup>3</sup>	Oxi 330i/SET 2B20-0011
Temperatura	°C	Oxi 330i/SET 2C20-0011
Conductividad eléctrica	µS/cm,	Cond 330i/SET 2C20-0011
Sólidos totales disueltos	mg/dm <sup>3</sup>	Cond 330i/SET 2C20-0011
pH	-	Ph 330i/SET 2A20-1012

Elaborado: Autora (2015)

### **3.5.1. Determinación de la composición y abundancia de las comunidades de familias de macroinvertebrados acuáticos presente en tres quebradas con diferente cobertura vegetal en la zona de ribera.**

Para determinar la composición y abundancia de las comunidades de familias de macroinvertebrados acuáticos presente en las quebradas La Victoria, El Congo y La

Damita se procedió a la aplicación de los índices de diversidad de Dominancia de Simpson, Shannon – Weaver y Equidad de Pielou y similitud de Sorensen.

### **3.5.2. Establecimiento de la calidad hídrica de las tres quebradas estudiadas mediante el uso de los índices Calidad de Bosque de Riberas (QBR) y los índices biológicos Ephemeroptera, Trichóptera y Plecóptera (ETP %), Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col) y Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador).**

#### **3.5.2.1. Índice de Calidad del Bosque Riberas (QBR).**

Para realizar una valoración del estado ecológico de una determinada zona mediante el índice de Calidad de Bosques de Riberas (QBR), se procede a llenar una planilla de campo con cuatro secciones establecidas (grado de cubierta, estructura de la vegetación, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial), las mismas que son evaluadas con valores comprendidos entre 0 y 25, finalmente, la sumatoria de todas las secciones determina el grado o nivel de calidad del QBR (44).

#### **3.5.2.2. Índice biótico Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (EPT%).**

En índice ETP% se calcula utilizando una hoja de campo donde se colocan tres columnas; en la primera se pone la clasificación de organismos, en la segunda la abundancia y en la tercera los ETP presentes, finalmente los ETP presentes se divide por la abundancia total alcanzando un valor, el mismo, que se lo compara con una tabla estándar donde se determinan las calificaciones de calidad de agua que va de muy buena, buena, regular y mala calidad (32).

#### **3.5.2.3. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col).**

Para diagnosticar la calidad hídrica de un determinado cuerpo de agua a través del índice BMWP/Col, el cual se basa en asignar una puntuación a cada familia de

macroinvertebrados acuáticos dependiendo el grado de tolerancia a la contaminación (su escala van de 1 muy tolerantes y 10 intolerantes), realizar una sumatoria total de las puntuaciones establecidas para cada familia detectada en un punto de muestreo, finalmente el resultado determinará el grado o nivel de contaminación al cual se encuentra expuesto un determinado sistema acuático (47).

#### **3.5.2.4. Índice Biótico de Familias (IBF).**

El IBF es un índice se calcula multiplicando el número de artrópodos en cada familia por el valor de tolerancia asignado a esa familia, sumando los productos y dividiendo por total de organismos en una determinada muestra (Chávez y Orantes, 2010 como se citó en el Hilsenhoff, 1988) (24). Su valor es el promedio ponderado de la abundancia de las diversas taxas identificadas hasta el nivel de familia (48).

#### **3.5.3. Clasificación de los gremios tróficos de familias de macroinvertebrados acuáticos en tres quebradas con diferente cobertura vegetal presente en los ecosistemas acuáticos.**

Para determinar la abundancia de los gremios tróficos se tomó el total de macroinvertebrados recolectados en los cuatro muestreos, los mismos que fueron asignados a grupos tróficos en base a la clasificación propuesta por Chará-Serna *et al.*, (30). Con esta información se registrará la distribución porcentual de los diferentes gremios tróficos (grupos funcionales) hallados en las tres quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.

#### **3.6. Instrumentos de investigación.**

Para la recopilación de datos para su posterior análisis se empleó los instrumentos de investigación detallados a continuación:

Para la determinación de la calidad del paisaje ribereño en las zonas de estudio se utilizó la tabla 4 donde se muestran de los rangos de calidad según el índice QBR.

La puntuación del Índice de Calidad de bosque de Ribera (ver en Anexo 2)

**Tabla 4. Niveles y rangos de calidad QBR.**

<b>NIVEL DE CALIDAD</b>	<b>QBR</b>	<b>COLOR</b>
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	$\geq 95$	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte, mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	$\leq 25$	Rojo

**FUENTE:** Molina (2008) (49)

Para calcular el índice biótico Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (EPT%) se empleó una hoja de trabajo (ver anexo 3), posteriormente se recurrió la tabla 5 para establecer los rangos de calidad del agua.

**Tabla 5. Rangos de calidad del Índice EPT.**

<b>ETP (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera)</b>	<b>CALIDAD</b>
75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24 %	Mala

**FUENTE:** Carrera y Fierro (2001) (32).

Para el calcular el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) se utilizó la siguiente ecuación:

**(Ecuación 1. BMWP/Col)**

$$\mathbf{BMWP= T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7..... T10}$$

**FUENTE:** Barinas (2008) (43)

Además se empleó la tabla 6 donde se muestran los valores referenciales para determinar el nivel de calidad del agua: Los puntajes asignados para cada familia de macroinvertebrados se puede observar en el Anexo 4.

**Tabla 6. Valores de referencia del Índice BMWP-Col.**

<b>NIVEL DE CALIDAD</b>	<b>BMWP-Col</b>	<b>Color Representativo</b>
Aguas de calidad excelente	> 120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas alteradas de manera sensible	101-119	Azul
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Amarillo
Agua de calidad mala, muy contaminadas	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	< 15	Rojo

FUENTE: Carrera y Fierro (2001) (32)

Para valorar de la calidad del agua y el grado de contaminación orgánica de cada zona de estudio mediante el empleo del índice Biótico de Familias (IBF) se utilizó la tabla 7.

**Tabla 7. Evaluación de la calidad del agua usando el IBF (Hilsenhoff 1988).**

<b>CLASE</b>	<b>IBF</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>GRADO DE CONTAMINACION ORGÁNICA</b>
<b>1</b>	0.00 - 3.75	Excelente	Contaminación orgánica improbable
<b>2</b>	3.76 - 4.25	Muy buena	Alguna contaminación orgánica ligera
<b>3</b>	4.26 - 5.00	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
<b>4</b>	5.01 - 5.75	Regular	Probable contaminación regular considerable
<b>5</b>	5.76 - 6.50	Regular - Pobre	Probable contaminación considerable
<b>6</b>	6.51 - 7.25	Pobre	Probable contaminación muy considerable
<b>7</b>	7.26 - 10.00	Muy pobre	Probable contaminación orgánica severa

FUENTE: Hilsenhoff (1988) (50).

Los puntajes del Índice Biótico de Familias (IBF) para las familias identificadas se puede observar en el Anexo 5.

El Índice Biótico de Familias (IBF) se calcula con la siguiente ecuación:

**(Ecuación 2 Índice Biótico de Familias)**

$$IBF = 1/N \sum n_i t_i$$

FUENTE: Hilsenhoff (1988) (50)

**Dónde:**

$N_i$  = es el número de individuos en una familia / género.

$T_i$  = es el puntaje de tolerancia de cada familia / género.

$N$  = es el número total de individuos en cada estación.

### 3.7. Tratamiento de los datos.

La metodología para realizar el cálculo a través del método del flotador la medición del caudal es la siguiente:

- **Calcular la velocidad del agua.**

(Ecuación 3. Velocidad del agua)

$$Velocidad = \frac{Distancia(m)}{Tiempo(s)}$$

FUENTE: Aguirre, 2011 citado de Ramírez 2004 (51).

- **Calcular la altura media.**

(Ecuación 4. Altura media)

$$h_m = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{N}$$

FUENTE: Aguirre, 2011 citado de Ramírez 2004 (51).

**Dónde:**

$H_m$  = altura media

$N$  = número de datos

- **Calcular el área transversal.**

(Ecuación 5. Área transversal)

$$A_T = Ancho(m) * Profundidad promedio(m)$$

FUENTE: Aguirre, 2011 citado de Ramírez 2004 (51).

- **Calcular el caudal del río.**

(Ecuación 6. Caudal del río)

$$Q_R \text{ (m}^3 \text{ /s)} = K * \text{Velocidad (m/s)} * \text{Área (m}^2\text{)}$$

FUENTE: Aguirre, 2011 citado de Ramírez 2004 (51)

Donde  $K$  es un factor de corrección relacionado con la velocidad. El valor de  $K$  se debe seleccionar de acuerdo al tipo de río o canal y a la profundidad del mismo, de conformidad con la tabla 8:

**Tabla 8. Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de quebrada en estudio.**

TIPO DE CANAL O QUEBRADA	FACTOR
Canal revestido en concreto, profundidad del agua mayor a 15 cm.	0,8
Canal de tierra, profundidad el agua mayor a 15 cm.	0,7
Río o riachuelo, profundidad del agua no mayor a 15 cm.	0,5
Ríos o canales de tierra , profundidades menores a 15 cm.	0,25 - 0,5

FUENTE: Aguirre, 2011 citado de Ramírez 2004 (51)

### 3.7.1. Índice de Dominancia de Simpson.

El índice dominancia de Simpson determina la abundancia de las especies más frecuentes, en conclusión describe a la mayor cantidad de especies representadas en la muestra total de individuos, su rango va de 0 a 1 (39).

(Ecuación 7. Dominancia de Simpson)

$$D_I = 1 - \sum n_i \frac{(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

FUENTE: Pino *et al.*, (2003) (39).

### 3.7.2. Índice de Shannon – Weaver.

Según Pla afirma Shannon, también reconocido como Shannon-Weaver, es un índice empleado para cuantificar la biodiversidad específica, refleja la heterogeneidad de una comunidad biológica basándose en dos factores principales: el número de especies presentes en una muestra y la abundancia relativa (52).

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

(Ecuación 8. Shannon – Weaver)

$$H' = \sum_0^K p_i \log_{p_i} p_i$$
$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

FUENTE: Moreno (2001) (40)

**Dónde:**

**H'** = Índice de Shannon.

**K**= Es el número de categorías.

**p<sub>i</sub>** = Es la proporción de observaciones en cada categoría.

**n<sub>i</sub>** = Es el número de individuos por especie.

**N**= Es el número total de individuos en una muestra.

### 3.7.3. Índice Equidad de Pielou.

El índice de equidad de Pielou “mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes” (Moreno, 2013 citado de Magurran, 1988) (40)

Se calcula según la siguiente ecuación:

(Ecuación 9. Equidad de Pielou)

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

FUENTE: Moreno (2001) (40)

**Dónde:**

**S** = Es el número máximo de especies en la muestra

**H'** = Índice de Shannon-Weaver

### 3.7.4. Índice de Similitud de Sorensen.

Según Barinas indica que el índice de similitud de Sorensen se basa “en la relación presencia-ausencia entre el número de familias compartidas o no, en cada estación y el número total de familias entre las estaciones comparadas” (42).

Este índice se calcula con la siguiente ecuación

(Ecuación 10 Similitud de Sorensen)

$$C_s = \frac{2j}{(a + b)}$$

FUENTE: (43)

#### ***Dónde:***

**a=** Es el número de individuos en el sitio a.

**b=** Es el número de individuos en el sitio b.

**j=** Es la suma de las abundancias más bajas que ocurren en los dos sitios.

Se empleó dos programas para el análisis estadístico en la presente investigación para el tratamiento de datos de los diversos índices propuestos en la presente investigación. El Past Statistics versión 2.17 se empleó para determinar la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados mediante el empleo de una tabla (ver anexo 6) y el programa estadístico EXCEL (cuadros y gráficos), versión 2010 se lo empleó para obtener los valores de los resultados, los mismos que fueron pasados al programa WORD versión 2010.

Los resultados de las mediciones de los parámetros físicos químicos realizados en las quebradas “La Victoria”, “El Congo” y “La Damita” del Bosque Protector Murocomba, fueron comparados con el Acuerdo Ministerial 028 y los constituidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS 1993).

### **3.8. Recursos humanos y materiales.**

Los recursos humanos y materiales que se utilizaron en el desarrollo de la presente investigación fueron los siguientes:

#### **3.8.1. Recursos Humanos.**

Jasmín Katherine Armijo Albán

Investigadora

Ing. M.Sc. Cecilia Carolina Tay-Hing Cajas

Tutora del Proyecto de investigación

Manuel Arcos

Cristhian Tipán

Joseph Moreira

Fabián Vivas

Mishelle Barragán

Richard Pilalumbo

Ronny Yong

Karolyn Román

Jessica Noboa

Ayudantes del muestreo

#### **3.8.2. Materiales de oficina.**

- Cartas geográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50000
- Computador
- Flash memory
- Software ARCGIS
- Impresoras
- Hojas A4
- Bolígrafos

### **3.8.3. Materiales de campo.**

- Alcohol al 70 %
- Pinzas
- Envases plásticos rotulados
- Red D-net
- Bandeja de plástico
- Cinta adhesiva
- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Botas
- Reloj cronométrico
- GPS
- Flotador
- Libreta de campo
- Mochila
- Bolígrafo
- Potenciómetro
- Conductímetro
- Termómetro
- Oxímetro

### **3.8.4. Materiales de laboratorio.**

- Cajas Petri
- Estereoscopio
- Claves Taxonómicas de Roldan, Fernández y Domínguez
- Pinzas entomológicas
- Alcohol al 70 %

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. RESULTADOS.

### 4.1.1. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

En la tabla 9, se muestran los resultados de la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos encontrados e identificados a nivel de clase, orden y familia en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones).

**Tabla 9. Abundancia acumulativa y composición porcentual de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del Bosque Protector Murocomba.**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTOS DE MUESTREOS												Total	(%)	
			La Victoria (Bosque Natural)				El Congo (Intervenido)				La Damita (Plantaciones)						
			P1 S1	P1 S2	P1 S3	P1 S4	P2 S1	P2 S2	P2 S3	P2 S4	P3 S1	P3 S2	P3 S3	P3 S4			
Insecta	TRICHÓPTERA	Calamoceratidae		1	2											3	0,08
		Helicopsychidae	4	1			3	2	2	3						15	0,41
		Hydrobiosidae	8		2	3										13	0,35
		Odontoceridae					3	2		1	1		1			8	0,22
		Hydropsychidae	63	65	61	40		97	47	31	178	568	130	89	1369	37,31	
		Hydroptilidae						1	1							2	0,05
		Leptoceridae	55	24	83	55		2	2	2		1	2	3	229	6,24	
		Philopotamidae			1	1					3	59				64	1,74
		Polycentropodidae											1			1	0,03
	COLEÓPTERA	Dryopidae									3	1	2	1		7	0,19
		Elmidae	45	126	57	37	7	68	7	5	69	73	51	34	579	15,78	
		Lutrochidae	2													2	0,05
		Psephenidae		1	1		3	8	25	17	4	4		1		64	1,74
		Ptilodactylidae	11	31	28	17	4	1	11	9		6				118	3,22
	EPHEMERÓPTERA	Staphylinidae	7								5					12	0,33
		Baetidae	10	27			4	13	5	3	24	15	5	3	109	2,97	
		Leptohyphidae	6		12	5	12			1	30	4	11	7	88	2,40	
		Leptophlebiidae	41	25	25	20	35	94	2	2	11	151	2	1	409	11,15	
		PLECÓPTERA	Perlidae	22	32	17	10				31	15	1	5	1	1	135
Chironomidae						9	44	5		2					60	1,64	
Tabanidae						11									11	0,30	
Tipulidae							1			1	1				3	0,08	
Simuliidae			1	2	1		9	2				1	2	18	0,49		
HEMIPTERA	Gerridae	10	10	2	4	18		2	3	2			2	53	1,44		
	Naucoridae	3	3	1	3	7	8	3	1	1	3	1	1	35	0,95		
	Veliidae	12	1			20	15	3	2		5	1	1	60	1,64		
ODONATA	Calopterygidae	6	1												7	0,19	
	Coenagrionidae	10		1		7	4		2		4	2	2	32	0,87		
	Gomphidae	2	7	3		3	2	1		2				20	0,55		
	Libellulidae					8	3	2	4	4	5	1	1	28	0,76		
	Polythoridae	7	8	3		2	2							22	0,60		
MEGALÓPTERA	Corydalidae				1	1	6	2	3	7	35	17	10	82	2,23		
Malacost raca	ISOPODA	Porcellio scabar	3												3	0,08	
	CRUSTACEA	Pseudothelphusidae		1	1	1			1		1		2	1	8	0,22	
<b>TOTAL</b>			<b>327</b>	<b>365</b>	<b>302</b>	<b>198</b>	<b>157</b>	<b>382</b>	<b>154</b>	<b>104</b>	<b>349</b>	<b>940</b>	<b>231</b>	<b>160</b>	<b>3669</b>	<b>100%</b>	

Elaborado: Autora (2015)

La quebrada La Victoria (1192 individuos), El Congo (797 individuos) y La Damita (1680 individuos) presentó una mayor abundancia de individuos de macroinvertebrados recolectados en el mes de enero con 365 especímenes (9,95%), 382 (10,41%) y 940 (25,62%) respectivamente, por el contrario una menor abundancia de estos organismos acuáticos se mostró en el mes de abril en los tres puntos de muestreo La Victoria 198 (5,40%), El Congo 104 (2,83%) y La Damita 160 (4,36%).

A nivel taxonómico de órdenes, la composición porcentual de macroinvertebrados acuáticos registra la siguiente variación: Trichóptera con 1704 individuos (46,4%), seguido por Coleóptera con 782 individuos (21,3%), Ephemeroptera con 606 individuos (16,5%), Hemiptera con 148 individuos (4%), Plecóptera con 135 individuos (3,68%), Odonata con 109 individuos (3%), Díptera con 92 individuos (2,5%), Megalóptera con 82 individuos (2,2%), Crustácea con 8 individuos (0,2%) e Isópoda con 3 individuos (0,1%).

#### **4.1.2. Abundancia acumulativa de las familias.**

En el gráfico 1 se presentan el número total y abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones). Se recolectó un total de 3669 individuos pertenecientes a 2 clases, 10 órdenes y 34 familias. Del total de comunidades de macroinvertebrados hallados, nueve (9) familias del orden de los Trichópteros representan el mayor número, por el contrario, los órdenes que registraron apenas una familia identificada fueron Megalópteros, Plecópteros, Isópodos, Crustáceos y las Perlidae.

**ABUNDANCIA ACUMULATIVA DE  
MACROINVERTEBRADOS EN LAS QUEBRADAS LA  
VICTORIA, EL CONGO Y LA DAMITA**

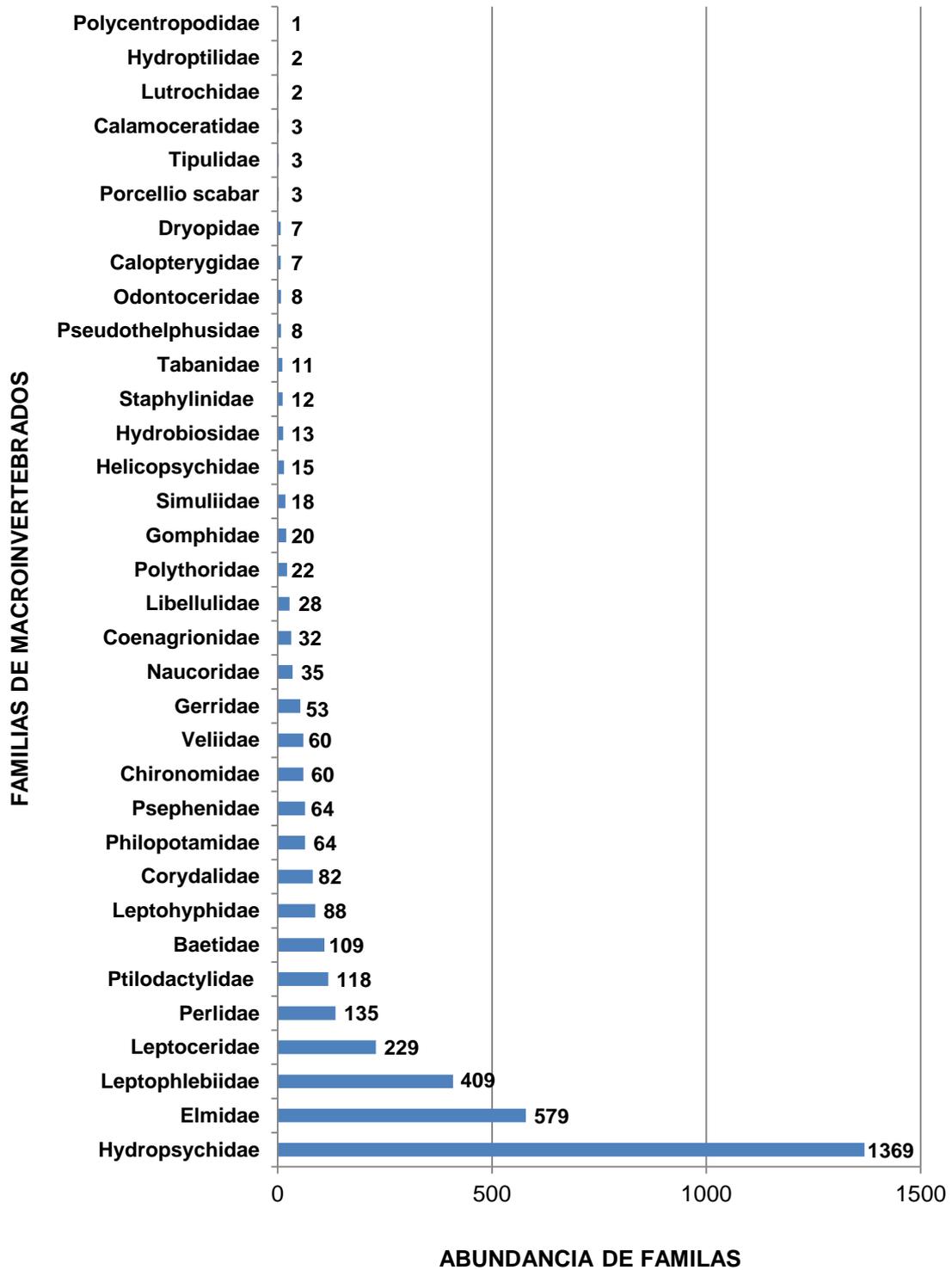


Gráfico 1. Abundancia de familias de macroinvertebrados encontradas en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita, Bosque Protector Murocomba.  
Elaborado: Autora (2015)

Las familias con poblaciones de macroinvertebrados más abundantes que resultaron de la investigación en los sitios de estudio son: Hydropsychidae con 1369 individuos (Trichoptera); Elmidae, 579 (Coleóptera); Leptophlebiidae, 409 (Ephemeroptera). Por el contrario la población de macroinvertebrados con menor número de individuos son: Veliidae 60 (Hemíptera) Chironomidae 60 (Díptera) Psephenidae 64 (Coleóptera), sin embargo, se recolectaron familias que representaron un menor número de taxones.

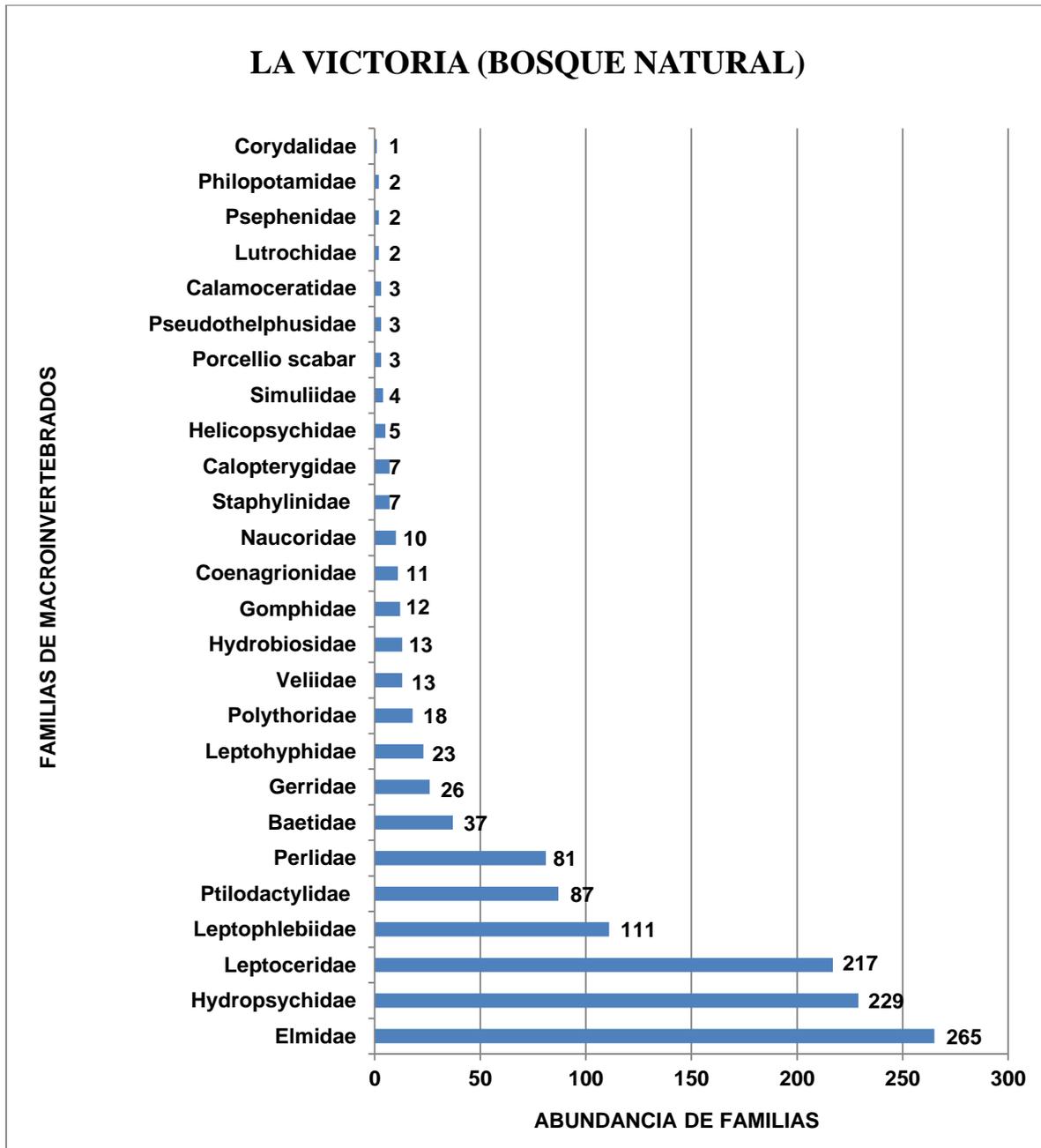
### **4.1.3. Variedad y Abundancia de macroinvertebrados específica para las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.**

A continuación se presentan los resultados individuales del número y abundancia de familias de macroinvertebrados encontradas (indicadores de calidad del agua) en los tres puntos de muestreo, quebradas La Victoria, El Congo y La Damita pertenecientes al Bosque Protector Murocomba.

#### **4.1.3.1. La Victoria (Bosque Natural).**

Las recolecciones de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos realizadas en el punto de muestreo de la quebrada La Victoria, en la cual se registró un total de 1192 individuos durante las cuatro monitoreos, distribuidos entre 10 órdenes y 26 familias. Las familias más representativas fueron Elmidae con 265 individuos del orden (Coleópteros) seguido de los Hydropsychidae con 229 individuos, Leptoceridae con 217 individuos, del orden (Trichópteros); Leptophlebiidae, 111 (Ephemeroptera); Ptilodactylidae, 87 (Coleópteros); Perlidae, 81 (Plecópteros); Baetidae, 37 (Ephemeroptera) y Gerridae con 26 individuos (Hemípteros).

Por el contrario, del total de macroinvertebrados recolectados las taxas con menor número de individuos fueron los Helicopsychidae con 5 individuos pertenecientes al orden (Trichópteros), seguidos de los Simuliidae 4 individuos del orden (Díptera), Porcellio Scabar (Isópoda), Pseudothelphusidae (Crustácea) y Calamoceratidae (Odonata) 3 individuos respectivamente, Lutrochidae, Psephenidae y Philopotamidae del orden (Coleópteros) 2 individuos y los Corydalidae 1 individuo (Megaloptera) (ver gráfico 2).



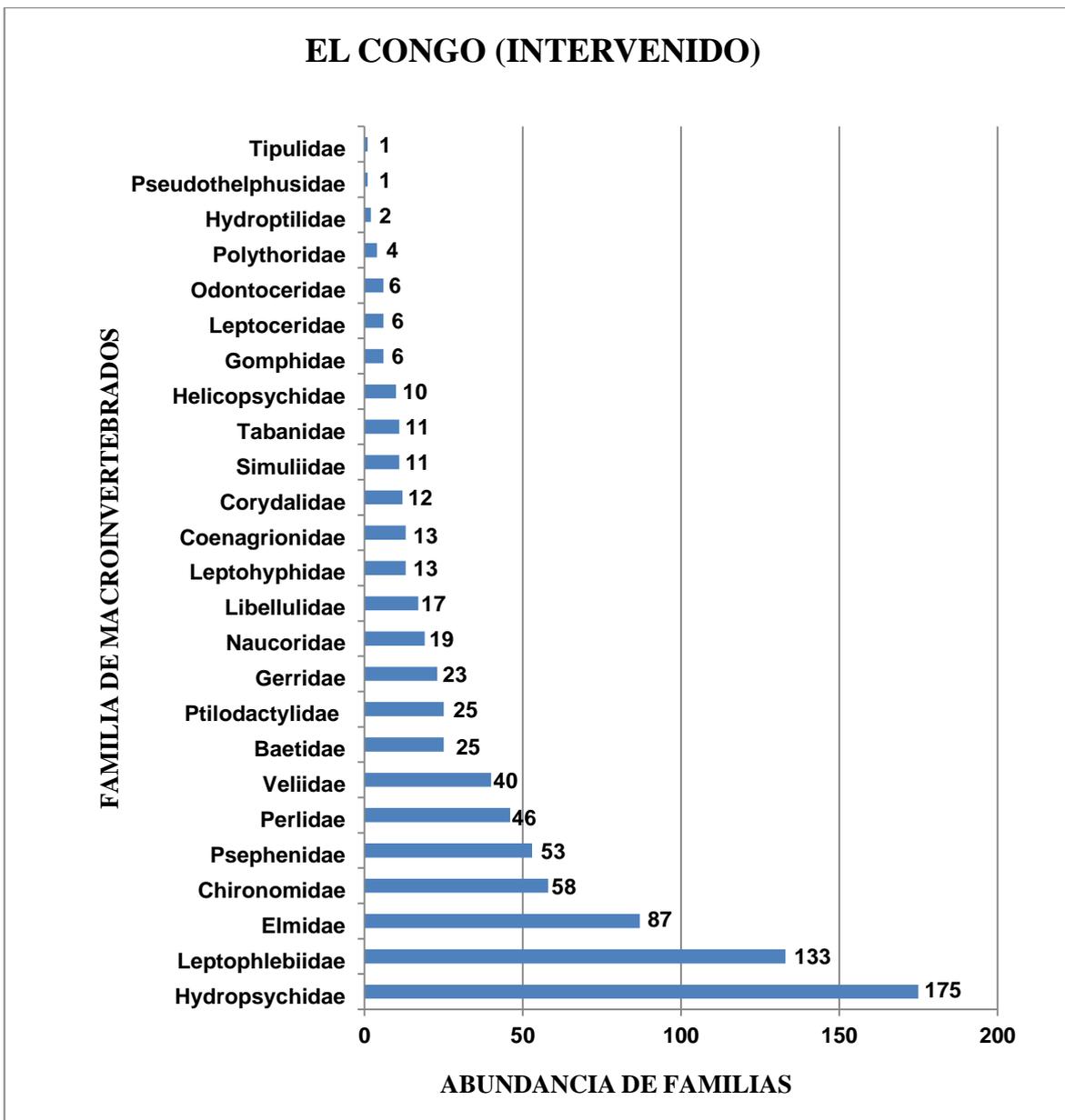
**Gráfico 2. Total de taxas y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados recolectados en la quebrada La Victoria, Bosque Protector Murocomba.**

Elaborado: Autora (2015)

#### 4.1.3.2. El Congo (Intervenido).

En el gráfico 3 se muestran los resultados referentes al segundo punto de muestreo (quebrada El Congo), los mismos que variaron significativamente, puesto que se obtuvo una menor cantidad de órdenes, familias y número de individuos en comparación con el primer punto de muestreo (quebrada La Victoria). Se reconoció un total de 797 individuos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos distribuidos entre 9 órdenes y 25

familias. Las familias más representativas fueron Hydropsychidae con 175 individuos del orden (Trichópteros) seguido de los Leptophlebiidae 133 del orden (Ephemeroptera), Elmidae 87 individuos (Coleópteros), Chironomidae 58 (Díptera). Por el contrario, del total de las comunidades de macroinvertebrados colectados las familias con menor número de especímenes fueron los Gomphidae con 6 individuos del orden (Odonata), Leptoceridae, Odontoceridae con 6 individuos del orden (Trichópteros), Polythoridae 4 individuos del orden (Odonata), Hydroptilidae 2 individuos (Trichópteros), Pseudothelphusidae 1 (Crustácea), Tipulidae 1 individuo (Díptera).



**Gráfico 3. Total de taxos y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados colectados en la Quebrada El Congo, Bosque Protector Murocomba.**

Elaborado: Autora (2015)

#### 4.1.3.3. La Damita (Plantaciones).

En el gráfico 4 se despliegan los resultados referentes al tercer punto de muestreo (quebrada La Damita), los cuales variaron significativamente tanto en la cantidad de órdenes, familias y número de individuos en comparación con el primer y segundo punto de muestreo, (quebradas La Victoria y El Congo). Se registró un total de 1680 individuos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos distribuidos entre 9 órdenes y 25 familias.

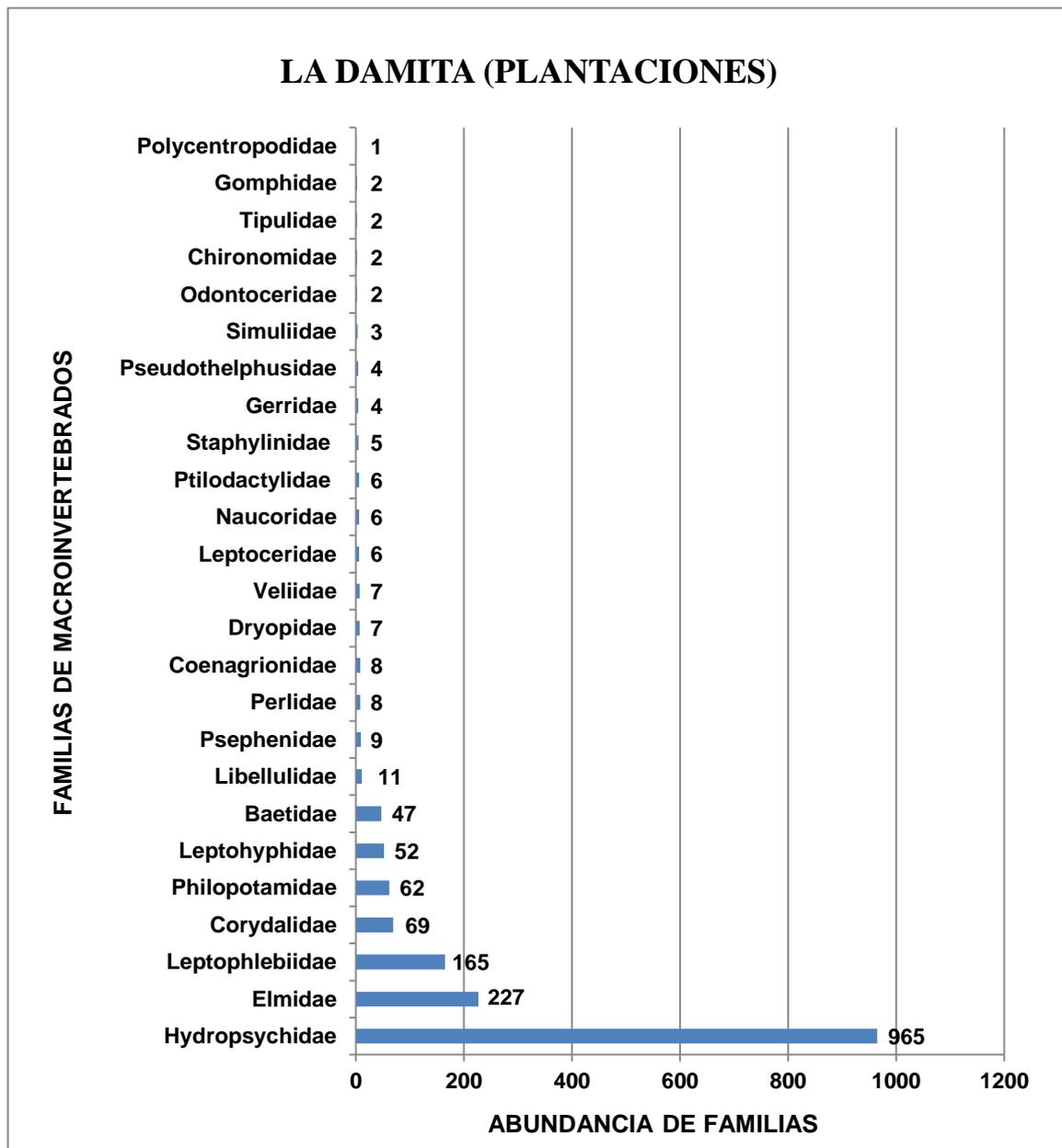


Gráfico 4. Número total de taxos y abundancia relativa de individuos de macroinvertebrados colectados, Quebrada La Damita, Bosque Protector Murocomba.

Elaborado: Autora (2015)

Las familias más representativas fueron Hydropsychidae con 965 individuos del orden (Trichópteros), seguido de Elmidae con 227 individuos del orden (Coleópteros); Leptophlebiidae, 165 del orden (Ephemeroptera); Corydalidae 69, (Megaloptera); Philopotamidae, 62 (Trichópteros); Leptohiphidae 52 y Baetidae 47 referentes al orden (Ephemeroptera). De la totalidad de los grupos de macroinvertebrados recolectados, las familias con menor número de ejemplares fueron las familias de los Simuliidae con 3 individuos (Díptera); Odontoceridae 2, del orden (Trichópteros); Chironomidae y Tipulidae 2 respectivamente, pertenecientes al orden (Díptera); Gomphidae, 2 (Odonata); Polycentropodidae, 1 (Trichópteros).

Al analizar la riqueza y abundancia total de las especies recolectadas, en los tres puntos de muestreo La Victoria, El Congo y La Damita, para la época lluviosa, se obtuvo los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10. Riqueza de especies y abundancia de las especies más importantes.**

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>TOTAL DE ESPECIES</b>	<b>ESPECIES MÁS ABUNDANTES</b>
La Victoria	1192	Elmidae (Coleóptera) Hydropsychidae (Trichóptera) Leptoceridae (Trichóptera)
El Congo	797	Hydropsychidae (Trichóptera) Leptophlebiidae (Ephemeroptera) Elmidae (Coleóptera)
La Damita	1680	Hydropsychidae (Trichóptera) Elmidae (Coleóptera) Leptophlebiidae (Ephemeroptera)

Elaborado: Autora (2015)

En la quebrada La Victoria se recolectó un total de 1192 individuos de macroinvertebrados acuáticos, en la quebrada El Congo 797 individuos y en la quebrada La Damita 1680 individuos, las especies más abundantes en las tres áreas de estudio fueron Elmidae del orden de los Coleópteros, Hydropsychidae y Leptoceridae del orden Trichópteros y los Leptophlebiidae orden Ephemeroptera.

#### 4.1.4. Aplicación de los índices de Simpson (D), Shannon - Weaver (H'), Pielou (J), Sorensen (Cs).

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos de la aplicación de los índices de dominancia de Simpson (D), diversidad de Shannon - Weaver (H') y de equidad de Pielou (J) de las quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones), calculados a través del programa Past Statistics versión 2.17.

**Tabla 11. Valores de los índices de Simpson (D), Shannon - Weaver (H') y Pielou (J).**

ÍNDICES	LA VICTORIA	EL CONGO	LA DAMITA
Simpson_1-D	0,9	0,9	0,6
Dominance_D	0,2	0,2	0,4
Shannon_H	2,1	2,3	1,5
Equitability_J	0,8	0,8	0,5

Elaborado: Autora (2015)

Los valores obtenidos de la aplicación del índice de Simpson en los puntos de muestreos La Victoria y El Congo se mantuvo dentro de un rango de dominancia bajo de 0,2, sin embargo la diversidad de la fauna de macroinvertebrados acuáticos colectados presentó un valor máximo de 0,9. Por lo contrario, en el tercer punto de muestreo, quebrada La Damita, se presentó una variación en los valores obtenidos y mantuvo un rango de dominancia de 0,4 con un grado de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados de 0,6, menor a diferencia de los puntos anteriormente mencionados.

El índice de diversidad de Shannon Weaver (H') registró valores que oscilaron entre 1,5 - 2,3 manteniéndose dentro del rango comprendido entre 1,5 – 4,5. Los monitoreos realizados en los meses de diciembre, enero marzo y abril reportaron un mayor valor de diversidad en El Congo con un total de 2,3, por el contrario, en La Victoria se registró una cifra de 2,1, sin embargo, La Damita tuvo un valor de 1,5. El valor máximo que recibe los ecosistemas acuáticos para las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos es de 4,5, valores menores a 2,4 - 2,5 demuestran que el sistema está sometido a diversas tensiones (Acuña, 2013 citado de Franquet, 2005) (43).

El Índice de equidad de Pielou (J) aplicado en las zonas con distinta cobertura vegetal presentó un valor similar de 0,8 en las quebradas La Victoria (Bosque Natural) y El Congo (Intervenido) respectivamente lo cual indica una máxima diversidad relativa (similitud

entre las familias), a diferencia de la variación de 0,5 registrada en la quebrada La Damita (Plantaciones) lo cual muestra una mínima diversidad relativa.

## ÍNDICES DE DIVERSIDAD

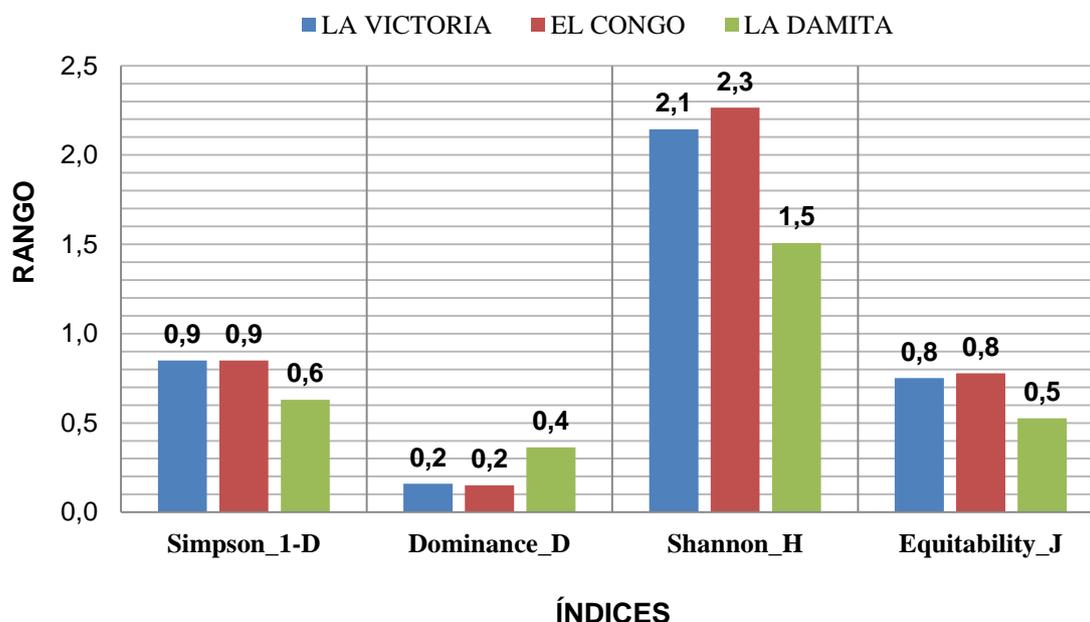


Gráfico 5. Índices de Simpson (D), Shannon-Weaver (H') y Pielou (J).  
Elaborado: Autora (2015)

### 4.1.5. Índice de similitud de Sorensen.

Los resultados de la presencia-ausencia de fauna de macroinvertebrados acuáticos obtenidos a través de la aplicación del índice de Similitud de Sorensen en los monitoreos realizados en los meses de diciembre, enero, marzo y abril se muestran en el gráfico 6. Se realizó un total de tres comparaciones de los puntos de muestreo, el valor máximo de similitud se registró en la relación entre las quebradas El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) con un total de 0,84, por el contrario valores mínimos de similitud se presentó en la relación entre La Victoria (Bosque Nativo) - El Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Nativo) - La Damita (Plantaciones) con un valor similar de 0,75 respectivamente.

## ÍNDICE DE SORENSEN

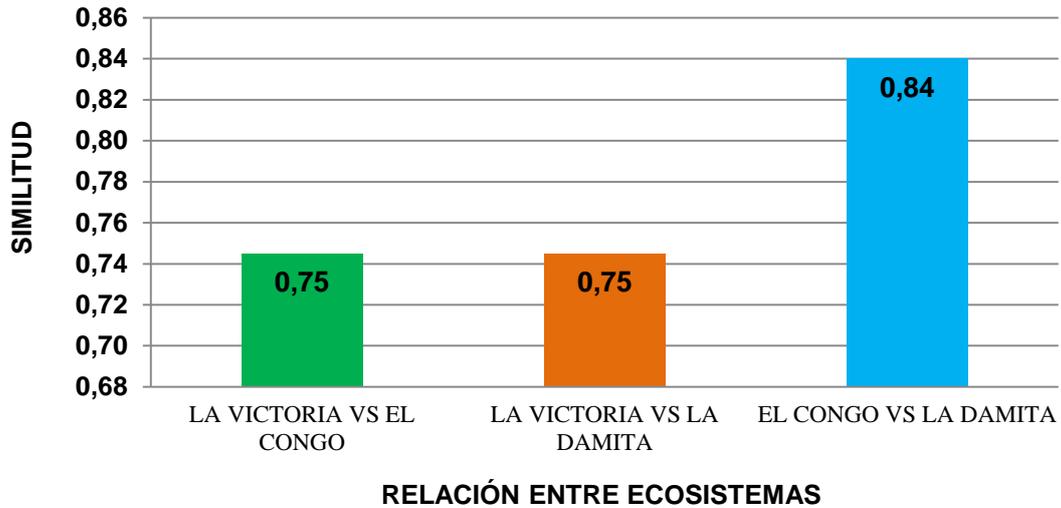


Gráfico 6. Índice de similitud de Sorensen, quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.  
Elaborado: Autora (2015)

### 4.1.6. Índice de calidad de bosque de ribera (QBR).

A continuación se muestran los resultados de los valores (puntuaciones finales) obtenidos de la aplicación del QBR (tomando en cuenta cada una de las consideraciones de los cuatro bloques utilizados para el desarrollo de este índice tales como Grado de cubierta, Estructura de la vegetación, Calidad de la cubierta y Grado de naturalidad del canal fluvial) realizado en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) del Bosque Protector Murocomba, cuyos valores oscilaron entre un valor mínimo de 30 y un valor máximo de 100.

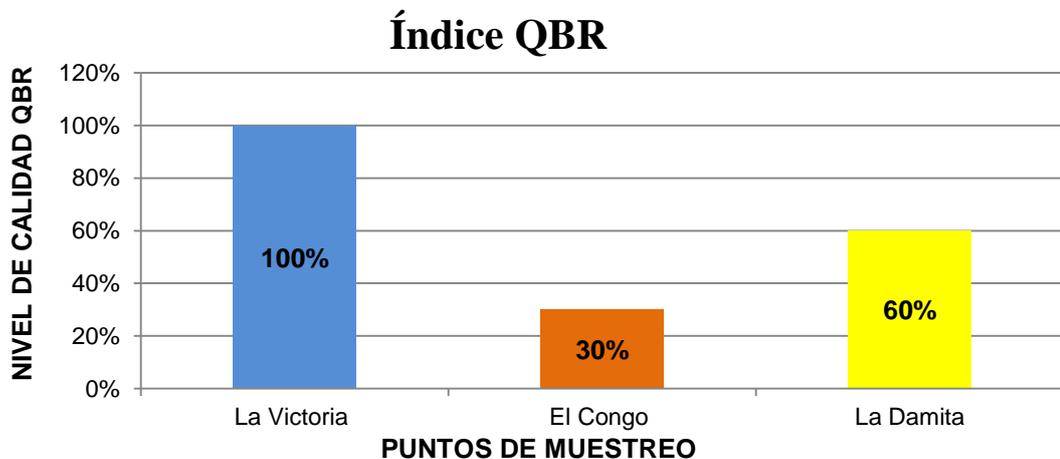
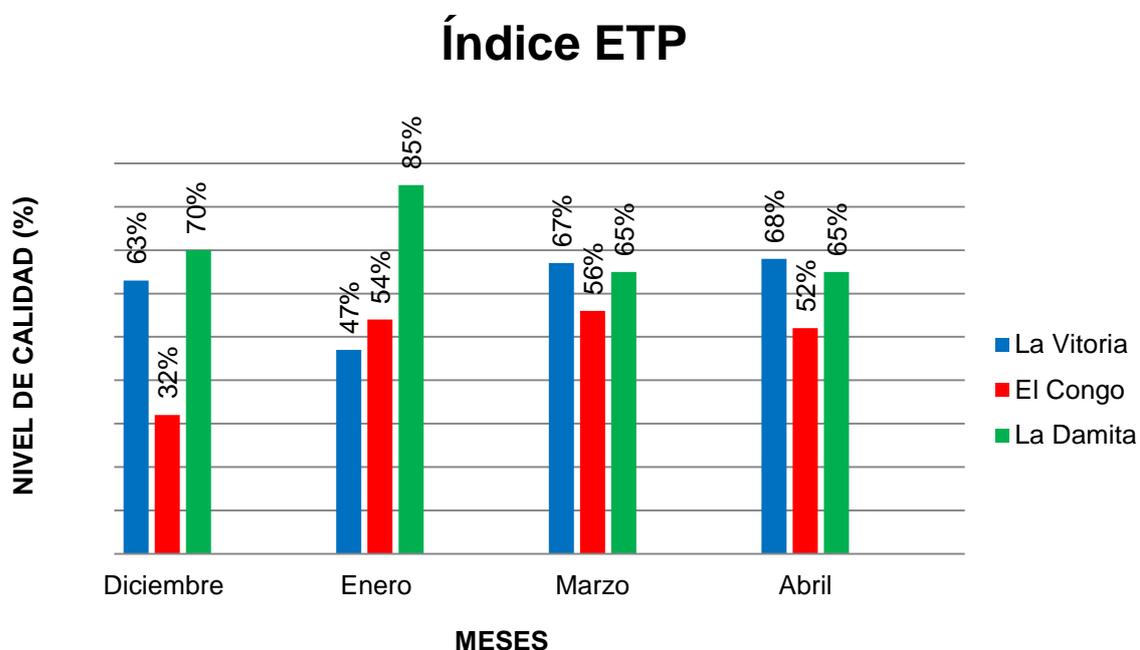


Gráfico 7. Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR).  
Elaborado: Autora (2015)

La observación de campo realizada determinó la puntuación obtenida de 100% en la quebrada La Victoria, que se halla dentro del rango de calidad QBR  $\geq 95$ , que lo establece como un “Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural”, por el contrario, en la quebrada El Congo se obtuvo un valor de 30% encontrándose dentro del rango de calidad QBR entre 30-50, lo cual permite definir que es una zona con “Alteración fuerte, mala calidad”. Sin embargo, la quebrada La Damita tuvo una puntuación equivalente a 60% encontrándose dentro del rango QBR entre 55-70 definiéndolo como una zona con un “Inicio de alteración importante, calidad intermedia” (ver gráfico7).

#### 4.1.7. Aplicación índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera (EPT%).

En el gráfico 8 se muestran los resultados del índice EPT% aplicado en los tres puntos de muestreo, quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones), estableciendo de acuerdo al aumento o disminución de número de individuos del grupo Ephemeroptera, Plecóptera, y Trichóptera criterios estándares de la calidad del agua (ver anexo 3).



**Gráfico 8. Índice EPT% quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones).**  
Elaborado: Autora (2015)

El índice ETP% en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) en la estación lluviosa registró valores en los muestreos realizados en los meses de diciembre (63%), marzo (67%) y abril (68%) respectivamente, lo cual permite concluir que durante estos períodos de tiempo sus aguas fueron de “Buena” calidad ya que se enmarcan dentro del rango de ETP% entre 50 - 74 %, sin embargo, existe una variación en la calidad de sus aguas en el monitoreo realizado en el mes de enero con un valor de (47%) el mismo que encaja dentro del rango ETP% entre 25 - 49% lo cual indica que su calidad es “Regular”.

En la quebrada El Congo (Intervenido) en el mes de diciembre se obtuvo un valor total de (32%) el cual se enmarca dentro de un rango ETP% entre 25 - 49%, cifra que permite concluir que la calidad de sus aguas fue “Regular”, sin embargo, en los meses posteriores de enero (54%), marzo (56%) y abril (52%) presentó una variación en su calidad, dichos valores obtenidos del correspondiente monitoreo permiten determinar que su calidad fue “Buena”, juicio se justifica porque sus valores encuadran en el rango ETP entre 50 - 74 %.

En la quebrada La Damita (Plantaciones) se registró en los meses de diciembre (70%), marzo (65%) y abril (65%) dichos valores obtenidos se enmarcaron dentro del criterio de aguas de “Buena” calidad, teniendo como referencia específica que se encuentran en un rango de 50 - 74 % de ETP, sin embargo, se presenta una variación en la calidad de sus aguas en el monitoreo realizado en el mes de enero con un total de (85%) manteniéndose en el rango de 75 - 100 % de ETP cuyo criterio de calidad determina que en este período de tiempo el agua es de “Muy buena calidad”. Se justifica dicha condición de excelencia en su calidad del agua debido a que existió un aumento en el número de individuos colectados (riqueza de taxa pertenecientes a los grupos de Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera).

#### **4.1.8. Aplicación del índice Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-Col).**

En el gráfico 9 se detallan los resultados individuales obtenidos de la aplicación del índice BMWP-Col en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) durante las cuatro monitoreos desarrolladas en los meses de diciembre (2014), enero marzo y abril (2015) (ver anexo 4).

## Índice BMWP-Col

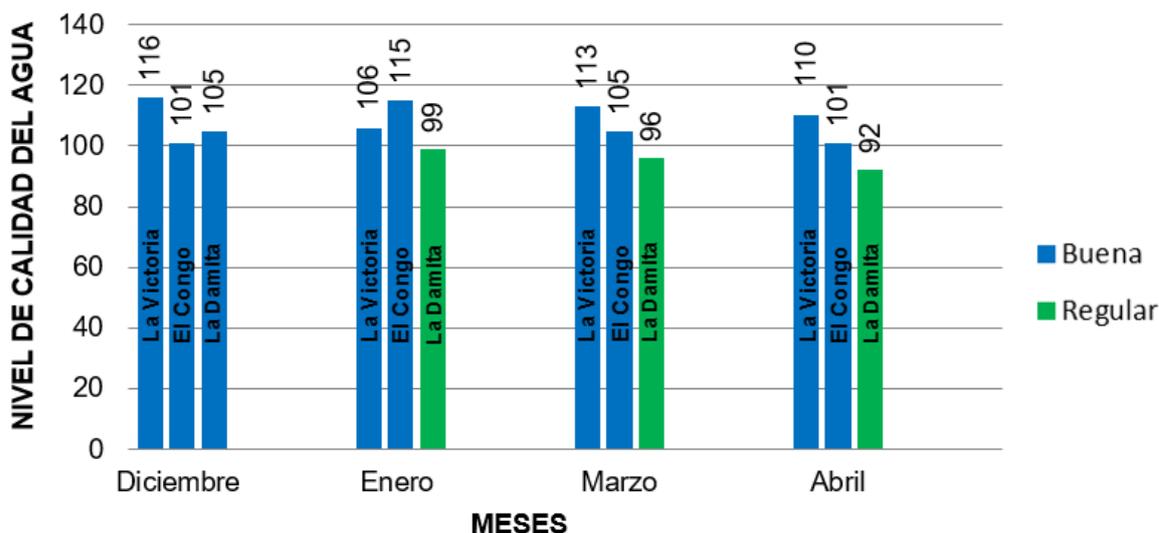


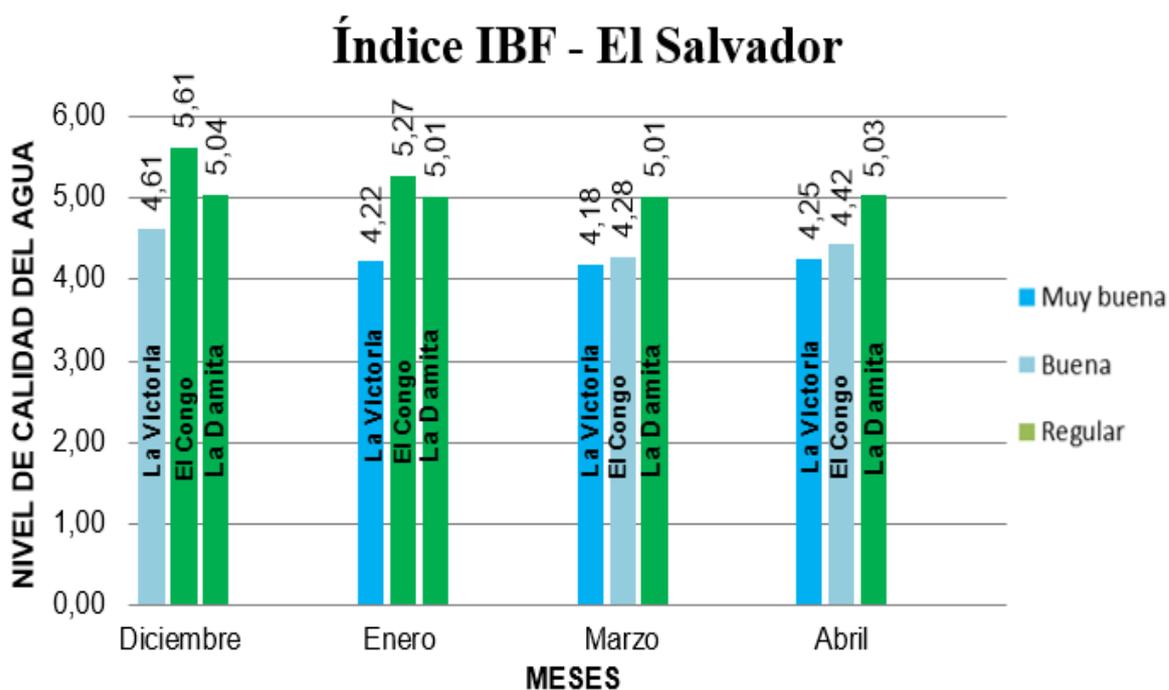
Gráfico 9. Valores del Índice biótico BMWP-Col de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita. Elaborado: Autora (2015)

El índice BMWP-Col aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) en los monitoreos realizados en los meses de diciembre, enero, marzo y abril presentó valores de 116, 106, 113 y 110, similar a los registrados en la quebrada El Congo (Intervenido) con valores de 101, 115, 105 y 101 respectivamente, demostrando biológicamente por presencia o ausencia de comunidades de macroinvertebrados acuáticos que son “Aguas de calidad buena, no contaminadas alteradas de manera sensible” ya que sus valores o puntajes de BMWP-Col para determinar su nivel de calidad se encuentra dentro de un rango entre 101-119. Sin embargo, en la quebrada La Damita (Plantaciones) se mantuvo esta condición de ser aguas de calidad buena solo en el primer mes de monitoreo con un valor total de 105 del puntaje de BMWP-Col, por el contrario, en los meses posteriores se obtuvo valores de 99, 96 y 92 de BMWP-Col encontrándose entre 61-100 del rango establecido lo cual permite concluir que sus “Aguas son de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada”.

### 4.1.9. Aplicación del índice Biológico a Nivel de Familias.

En el gráfico 10 se muestran los resultados de la aplicación del índice IBF-SV en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita, determinando individualmente la clase, el

rango IBF, la clasificación de la calidad del agua y el grado de contaminación orgánica existente en cada sitio de muestreo (ver anexo 5).



**Gráfico 10. Índice del IBF-El Salvador de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.**  
Elaborado: Autora (2015)

Existieron variaciones en la calidad del agua mediante la aplicación del índice IBF-El Salvador. En la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) en la época lluviosa el monitoreo realizado en el mes de diciembre se registró un valor de 4,61 IBF-SV puntaje que se encuentra enmarcado dentro de un rango de 4,26 - 5,00 (Clase III), lo que permite determinar que la calidad del agua es “Buena” con alguna contaminación orgánica probable, sin embargo, los muestreos posteriores realizados en los meses de enero, marzo y abril con valores de 4,22, 4,18, 4,25 respectivamente de IBF-SV puntaje que se encuentra dentro del rango 3,76 -4,25 (Clase II), se concluye que en este período de tiempo su calidad del agua es cataloga como “Muy buena” con alguna contaminación orgánica ligera.

La quebrada El Congo (Intervenido) mantuvo una similitud en la clasificación de la calidad del agua en los meses de diciembre (5,61) y enero (5,27) valores de IBF-SV cuyo puntaje se encuentra enmarcado dentro del rango 5,01 – 5,75 (Clase IV), características que permiten determinar que son aguas de calidad “Regular” con probable contaminación

regular considerable, la presencia de una variación de la calidad se presentó en los meses posteriores de marzo (4,28) y abril (4,42) valores totales de IBF-SV, puntuación que se halla dentro del rango 4,26 – 5,00 (Clase III), siendo aguas de calidad “Buena” con alguna contaminación orgánica probable.

En la quebrada la Damita (Plantaciones) en los muestreos realizados en los meses de diciembre, enero, marzo y abril con valores de 5,04, 5,01, 5,01 y 5,03 respectivamente no registró variación en la calidad de sus aguas, donde de acuerdo a la clasificación del IBF-SV son aguas de calidad “Regular” con probable contaminación regular considerable, este criterio se justifica debido a que los valores totales obtenidos de IBF-SV encuadran en un rango de 5,01 - 5,75 (Clase IV).

#### **4.1.10. Análisis Físicos-Químicos de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita del Bosque Protector Murocomba.**

A continuación se muestran los resultados de la medición de los parámetros físico químicos realizados in situ en las quebradas “La Victoria”, “El Congo” y “La Damita” del Bosque Protector Murocomba, tomando en cuenta que los valores obtenidos estén regulados según los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 028 y los constituidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS 1993).

##### **4.1.10.1. Oxígeno Disuelto.**

Los valores de oxígeno disuelto ( $\text{mg/dm}^3$ ) monitoreado durante los meses diciembre, enero, marzo y abril en las tres quebradas fluctuaron entre  $8,35 \text{ mg/dm}^3$  a  $10,92 \text{ mg/dm}^3$ . El promedio del oxígeno disuelto registrado en la quebrada La Victoria (Bosque Natural) fue de  $9,66 \text{ mg/dm}^3$ , sin embargo, en la quebrada El Congo (Intervenido) mantuvo un valor de  $9,52 \text{ mg/dm}^3$ , no obstante, en la quebrada La Damita (Plantaciones) fue de  $9,39 \text{ mg/dm}^3$  manifestando finalmente que no existió diferencias significativas de este parámetro entre las quebradas estudiadas (ver tabla 12).

Tabla 12. Oxígeno disuelto (mg/dm<sup>3</sup>), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.

OXÍGENO DISUELTO (mg/dm <sup>3</sup> )						
PUNTOS	FECHAS DE MUESTRO				Medias mg/dm <sup>3</sup>	ACUERDO MINISTERIAL N° 028
	Muestra 1 03/12/2014	Muestra 2 16/01/2015	Muestra 3 02/03/2015	Muestra 4 16/04/2015		
La Victoria	8,53	8,53	10,92	10,67	9,66	LMP
El Congo	8,35	8,38	10,67	10,67	9,52	No menor a 5 (mg/dm <sup>3</sup> )
La Damita	8,38	8,53	10,43	10,20	9,39	

Elaborado: Autora (2015)

Los niveles de concentración de oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del rango de los Límites Máximos Permisibles No menor a 5 (mg/dm<sup>3</sup>) establecidos en el Acuerdo Ministerial 028.

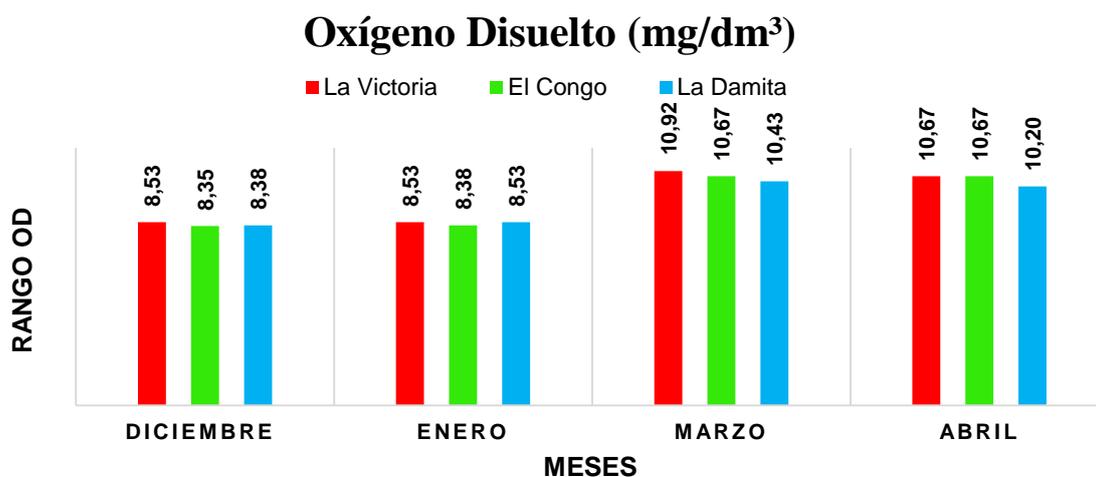


Gráfico 11. Concentración de oxígeno disuelto.

Elaborado: Autora (2015)

La zona de la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) registró valor más alto de oxígeno disuelto en el mes de marzo con un total de 10,92 mg/dm<sup>3</sup> y un valor menor similar en los meses de diciembre y enero con un total de 8,35 mg/dm<sup>3</sup>, no obstante, la quebrada El Congo (Intervenido) mantuvo un similar valor máximo en los meses de marzo y abril con 10,67 mg/dm<sup>3</sup> mientras que el OD más bajo se monitoreo en el mes diciembre con 8,35 mg/dm<sup>3</sup>, sin embargo, para el área de la quebrada La Damita (Plantaciones) se obtuvo un

valor mayor en el mes de marzo con 10,43 mg/dm<sup>3</sup> y el OD más bajo se observó en el mes de diciembre con un total de 8,38 mg/dm<sup>3</sup> (ver gráfico 11).

#### 4.1.10.2. Temperatura.

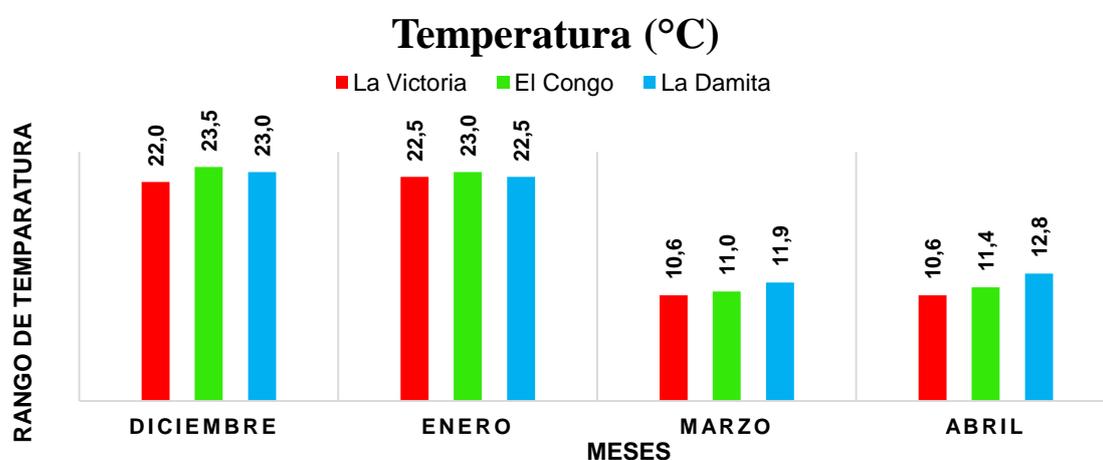
Los valores de temperatura obtenidos de los monitoreos realizados en meses de diciembre, enero, marzo y abril en las tres quebradas fluctuaron entre 10,6 °C a 23,5 °C. El promedio de la temperatura en la quebrada La Victoria fue de 16,4 °C, sin embargo, en la quebrada El Congo mantuvo un valor de 17,2 °C, no obstante, en la quebrada La Damita fue de 17,6 °C, demostrando finalmente que no existió variación significativa en los valores obtenidos de este parámetro entre las quebradas estudiadas (ver tabla 13).

**Tabla 13. Temperatura (°C) de las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.**

TEMPERATURA (°C)						ACUERDO MINISTERIAL N° 028 <b>LMP</b> Condiciones naturales + 3 Máxima 32)
PUNTOS	FECHAS DE LOS MUESTROS				Medias (°C)	
	Muestra 1 03/12/2014	Muestra 2 16/01/2015	Muestra 3 02/03/2015	Muestra 4 16/04/2015		
La Victoria	22,0 °C	22,5 °C	10,6 °C	10,6 °C	16,4	
El Congo	23,5 °C	23,0 °C	11,0 °C	11,4 °C	17,2	
La Damita	23,0 °C	22,5 °C	11,9 °C	12,8 °C	17,6	

Elaborado: Autora (2015)

Los niveles de temperatura se mantuvieron dentro de los Límites Máximos Permisibles (condiciones naturales + 3 Máxima 32) establecidos en el Acuerdo Ministerial 28.



**Gráfico 12. Variación de la temperatura.**

Elaborado: Autora (2015)

En el gráfico 12 se presentan los resultados de los valores de temperatura (°C) obtenidos en los tres puntos de muestreo, en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) se registró una temperatura más alta en el mes de enero con 22,5 °C y la temperatura más baja en los meses de marzo y abril con 10,6 °C; en la zona de la quebrada El Congo (Intervenido) se obtuvo un valor de temperatura mayor en el mes de diciembre con 23,5 °C mientras que la temperatura más baja se monitoreo en el mes de marzo con 11,0 °C, finalmente zona de la quebrada La Damita (Plantaciones) la temperatura más alta se presentó en el mes de diciembre con un valor de 23,0 °C y la más baja se observó en el mes de marzo con 11,9 °C.

#### 4.1.10.3. Conductividad Eléctrica.

Los valores de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en las tres quebradas fluctuaron entre un rango mínimo de 126,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un máximo 323,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los monitoreos realizados durante los meses de diciembre, enero, marzo y abril. En la quebrada La Victoria (Bosque Natural) se registró un promedio total de conductividad eléctrica de 197,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la quebrada El Congo (Intervenido) mantuvo un valor de 196,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, en la quebrada La Damita (Plantaciones) fue de 187,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver tabla 14).

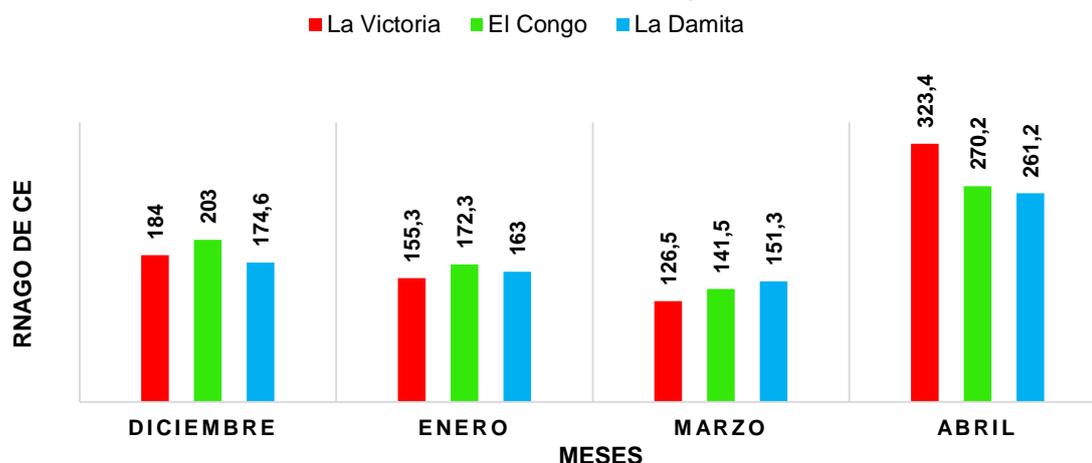
**Tabla 14. Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita.**

<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>						
<b>PUNTOS</b>	<b>FECHAS DE LOS MUESTROS</b>				<b>Medias <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>	<b>OMS 1993</b>
	<b>Muestra 1 03/12/2014</b>	<b>Muestra 2 16/01/2015</b>	<b>Muestra 3 02/03/2015</b>	<b>Muestra 4 16/04/2015</b>		
<b>La Victoria</b>	184,0	155,3	126,5	323,4	197,3	<b>LMP</b>
<b>El Congo</b>	203,0	172,3	141,5	270,2	196,8	250
<b>La Damita</b>	174,6	163,0	151,3	261,2	187,5	

Elaborado: Autora (2015)

Estos valores obtenidos permiten concluir que este parámetro no varió entre los puntos de muestreo y se mantienen dentro de dentro de los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS 1993).

## Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )



**Gráfico 13. Variación de la conductividad eléctrica.**

Elaborado: Autora (2015)

Los resultados de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) monitoreada en los tres puntos de muestreo. La zona de la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) registró una conductividad eléctrica más alta en el mes de abril con un total de  $323,4 \mu\text{S}/\text{cm}$  y la CE más baja en el mes de marzo con  $126,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ , no obstante, en la quebrada El Congo (Intervenido) igualmente se obtuvo un valor mayor de CE en el mes abril con  $270,2 \mu\text{S}/\text{cm}$  mientras que la CE más baja se monitoreo en el mes marzo con  $141,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, esta condición se mantuvo también para el área de la quebrada La Damita (Plantaciones) donde se observó que la CE al igual que en los puntos de muestreo anteriores (La Victoria y El Congo) la más alta se presentó en el mes de abril con  $261,2 \mu\text{S}/\text{cm}$  y la más baja se observó en el mes de marzo con  $151,3 \mu\text{S}/\text{cm}$  (ver gráfico 13).

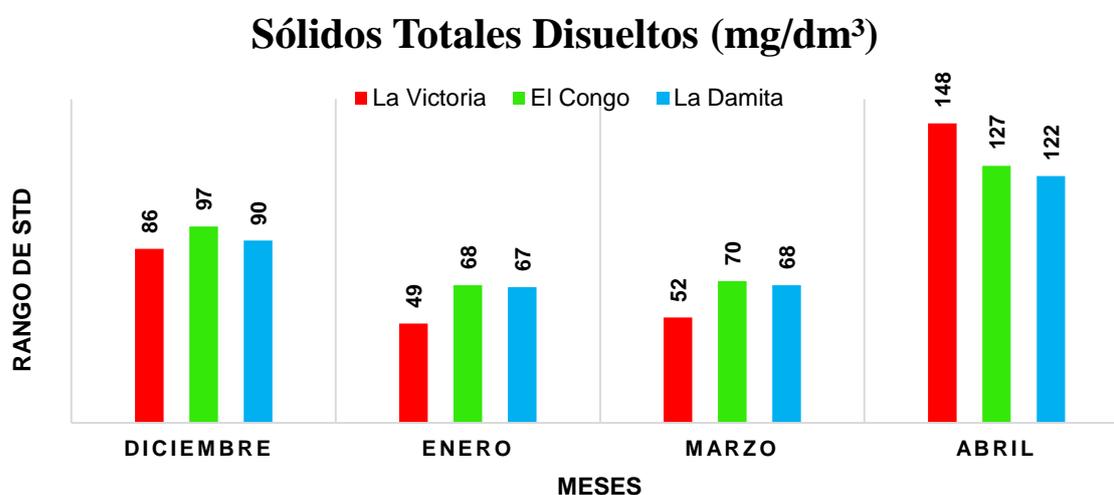
#### 4.1.10.4. Sólidos Totales Disueltos (STD).

Los valores de STD para las quebradas no presentaron variaciones y se mantuvieron dentro del rango  $49 \text{ mg}/\text{dm}^3$  a  $148 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . En la quebrada La Victoria (Bosque Natural) se presentó un promedio total de  $83,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , por el contrario en la quebrada El Congo (Intervenido) se valor registró un promedio total de  $90,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$  y finalmente la quebrada La Damita (Plantaciones) mostró  $86,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$  de sólidos totales disueltos (ver tabla 15).

**Tabla 15. Sólidos totales disueltos (mg/dm<sup>3</sup>) quebradas La Victoria, El Congo y La Damita**

<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/dm<sup>3</sup>)</b>						
PUNTOS	FECHAS DE LOS MUESTROS				Medias mg/dm <sup>3</sup>	ACUERD MINISTERIAL N° 028
	Muestra 1 03/12/2014	Muestra 2 16/01/2015	Muestra 3 02/03/2015	Muestra 4 16/04/2015		
<b>La Victoria</b>	86 mg/l	49 mg/l	52 mg/l	148 mg/l	83,8	<b>LMP</b>
<b>El Congo</b>	97 mg/l	68 mg/l	70 mg/l	127 mg/l	90,5	100
<b>La Damita</b>	90 mg/l	67 mg/l	68 mg/l	122 mg/l	86,8	

Elaborado: Autora (2015)



**Gráfico 14. Variación de los Sólidos Totales Disueltos**

Elaborado: Autora (2015)

En el gráfico 14 se muestran los resultados de los valores de los sólidos totales disueltos (STD) obtenidos de los monitoreos realizados durante los meses de diciembre, enero, marzo y abril en los tres puntos de muestreo. La zona de la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) registró un valor mayor de STD en el mes de abril con un total de 148 mg/dm<sup>3</sup>, mientras que el valor más bajo se monitoreo en el mes de enero con 49 mg/dm<sup>3</sup>, igualmente en la quebrada El Congo (Intervenido) se obtuvo un valor mayor de STD en el mes de abril con un total de 127 mg/dm<sup>3</sup> mientras que los STD más bajos se monitoreo en el mes enero con 68 mg/dm<sup>3</sup>, sin embargo, esta condición se mantuvo igual que en los puntos de muestreo anteriores (La Victoria y El Congo) para la quebrada La Damita donde se observó un valor de STD más alto en el mes de abril con 122 mg/dm<sup>3</sup> y el más bajo se presentó en el mes de enero con 67 mg/dm<sup>3</sup>.

#### 4.1.10.5. Potencial de Hidrógeno (pH).

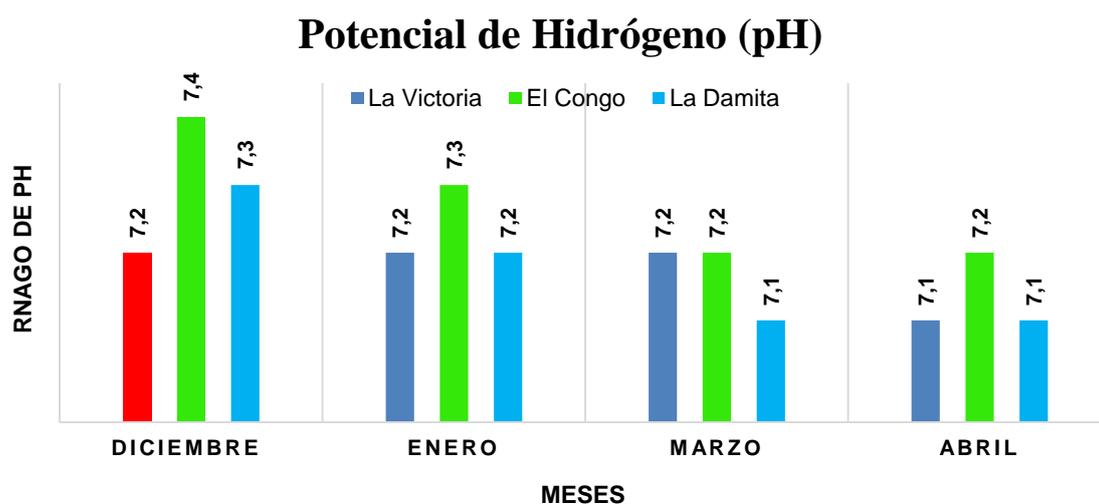
Los valores del potencial de hidrógeno (pH) en las quebradas expuestas a estudio no presentaron diferencias significativas entre ellas, fluctuaron en un rango de 7,1 a 7,3. En la quebrada La Victoria (Bosque Natural) y La Damita (Plantaciones se presentaron un promedio total de 7,2, por el contrario, la quebrada El Congo (Intervenido) registró un promedio total de 7,3 valor de pH (ver tabla 16).

**Tabla 16. Potencial de hidrógeno (pH), quebradas La Victoria, El Congo y La Damita**

PUNTOS	FECHAS DE LOS MUESTROS				Medias pH	ACUERDO MINISTERIAL N° 028
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4		
	03/12/2014	16/01/2015	02/03/2015	16/04/2015		
La Victoria	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	LMP
El Congo	7,4	7,3	7,2	7,2	7,3	6,5 – 9
La Damita	7,3	7,2	7,1	7,1	7,2	

Elaborado: Autora (2015)

Estos resultados permiten concluir que los mismos están regulados según los límites máximos permisibles basados en el Acuerdo Ministerial 028.



**Gráfico 15. Variación del Potencial de Hidrógeno**

Elaborado: Autora (2015)

Los valores del potencial de hidrógeno (pH), obtenidos de los monitoreos realizados en los tres puntos de muestreo. La zona de la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) registró un valor mayor de pH 7,2, el cual fue similar durante los meses de diciembre, enero y marzo, existió una pequeña variación en el mes de abril en el cual se mantuvo en un rango de pH de 7,1, por el contrario, en la zona de la quebrada El Congo (Intervenido) se obtuvo un valor mayor de pH en el mes de diciembre con 7,4 y un valor menor en el rango de pH de 7,2 en los meses de marzo y abril, sin embargo, en la quebrada La Damita se observó un valor de pH alto en el mes de diciembre con 7,3 y el más bajo se presentó en los meses de marzo y abril con 7,1 respectivamente (ver gráfico 15).

#### 4.1.11. Medición del caudal.

En la tabla 17 se muestran los resultados en m<sup>3</sup>/s obtenidos de la medición de los caudales (Q) de las quebradas La Victoria (Bosque Nativo), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) en los muestreos realizados en los meses de diciembre, enero, marzo y abril:

**Tabla 17. Valores del caudal de las diferentes quebradas estudiadas**

MESES	UNIDADES	LA VICTORIA		EL CONGO		LA DAMITA	
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
03/12/2014	m <sup>3</sup> /s	15,33	7,73	11,44	29,50	67,90	33,83
16/01/2015	m <sup>3</sup> /s	61,71	44,02	71,16	37,52	24,73	14,48
02/03/2015	m <sup>3</sup> /s	51,49	36,80	80,34	56,90	75,41	54,88
16/04/2015	m <sup>3</sup> /s	107,67	82,53	141,59	195,92	203,77	344,74

Elaborado: Autora (2015)

Los valores obtenidos en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) de su caudal aguas arriba fluctuaron entre 15,33 a 107,67 m<sup>3</sup>/s, por el contrario aguas abajo su caudal mostró valores que oscilaron en un rango entre 7,73 a 82,53 m<sup>3</sup>/s; en la quebrada El Congo (Intervenido), su caudal aguas arriba se mantuvo en un intervalo entre 11,44 a 141,59 m<sup>3</sup>/s, por lo opuesto los valores de su caudal aguas abajo se registraron dentro de un rango de 29,50 a 195,92 m<sup>3</sup>/s; la quebrada La Damita (Plantaciones) su caudal aguas arriba presentó valores entre 24,73 a 203,77 m<sup>3</sup>/s, contrario a su caudal aguas abajo que registro una variabilidad de 14,48 a 344,74 m<sup>3</sup>/s. (ver gráfico 16).

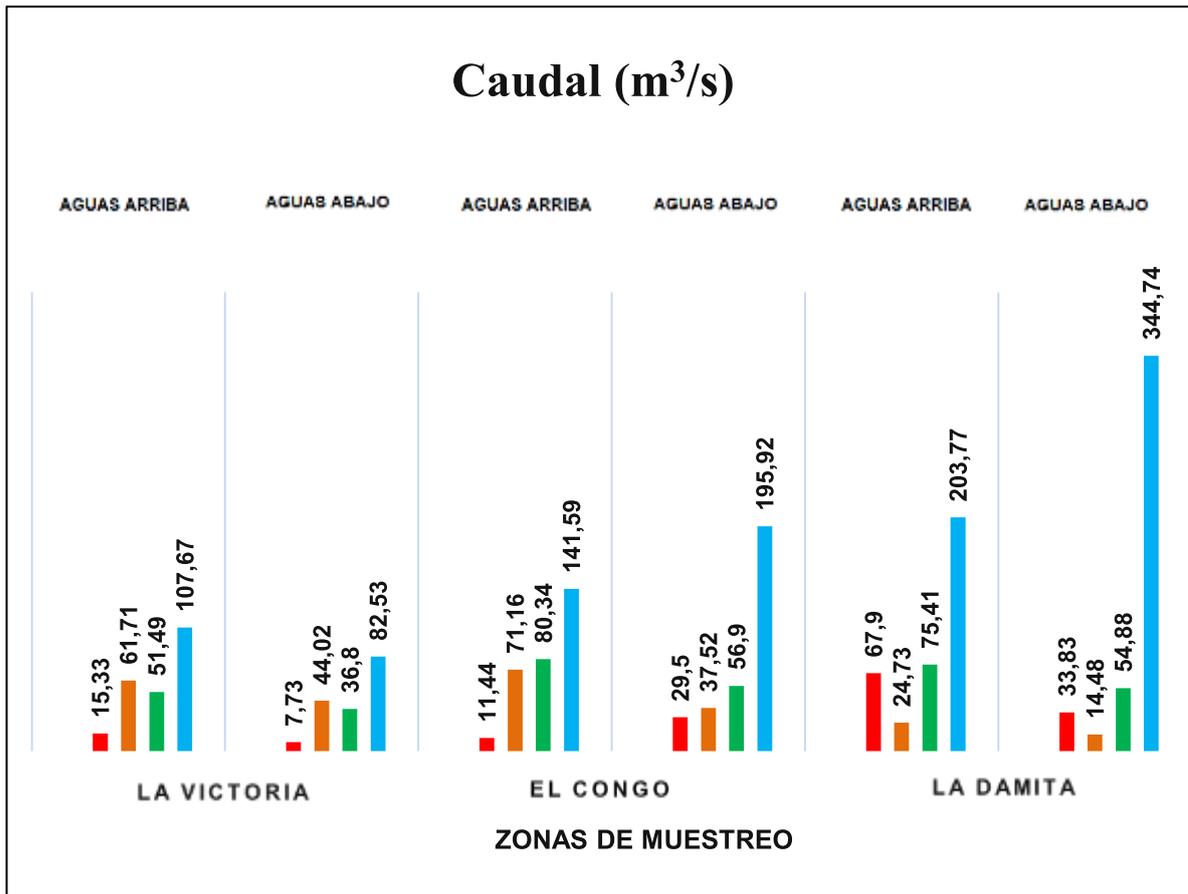


Gráfico 16. Valores de los caudales de las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones).  
Elaborado: Autora (2015)

#### 4.1.12. Clasificación trófica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas “La Victoria, El Congo y La Damita.

En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos de la clasificación en grupos dietarios de la comunidad de macroinvertebrados recolectados en los muestreos realizados en los meses de diciembre, enero, marzo y abril en las quebradas "La Victoria, El Congo y La Damita pertenecientes al Bosque Protector Murocomba.

**Tabla 18. Clasificación en grupos dietarios de fauna de macroinvertebrados recolectados en las quebradas "La Victoria, El Congo y La Damita, Bosque Protector Murocomba.**

Clase	Orden	Familia	Clasificación Trófica	LA VICTORIA		EL CONGO		LA DAMITA	
				Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Insecta	TRICHÓPTERA	Calamoceratidae	FRAGMENTADOR	3	0.25	0	0.00	0	0.00
		Helicopsychidae	COLECTOR	5	0.42	10	1.25	0	0.00
		Hydrobiosidae	DEPREDADOR	13	1.09	0	0.00	0	0.00
		Odontoceridae	FRAGMENTADOR	0	0.00	6	0.75	2	0.12
		Hydropsychidae	FRAGMENTADOR - COLECTOR	229	19.21	175	21.96	965	57.44
		Hydroptilidae	RASPADOR	0	0.00	2	0.25	0	0.00
		Leptoceridae	COLECTOR	217	18.20	6	0.75	6	0.36
		Philopotamidae	COLECTOR	2	0.17	0	0.00	62	3.69
		Polycentropodidae	DEPREDADOR	0	0.00	0	0.00	1	0.06
		COLEÓPTERA	Dryopidae	DESGARRADOR	0	0.00	0	0.00	7
		Elmidae	COLECTOR - RASPADOR	265	22.23	87	10.92	227	13.51
		Lutrochidae	DESGARRADOR	2	0.17	0	0.00	0	0.00
		Psephenidae	RASPADOR	2	0.17	53	6.65	9	0.54
		Ptilodactylidae	FRAGMENTADOR	87	7.30	25	3.14	6	0.36
		Staphylinidae	DEPREDADOR	7	0.59	0	0.00	5	0.30
	EPHEMERÓPTERA	Baetidae	COLECTOR	37	3.10	25	3.14	47	2.80
		Leptohiphidae	COLECTOR	23	1.93	13	1.63	52	3.10
		Leptophlebiidae	COLECTOR	111	9.31	133	16.69	165	9.82
	PLECÓPTERA	Perlidae	DEPREDADOR	81	6.80	46	5.77	8	0.48
	DIPTERA	Chironomidae	COLECTOR - FILTRADOR	0	0.00	58	7.28	2	0.12
		Tabanidae	DEPREDADOR	0	0.00	11	1.38	0	0.00
		Tipulidae	FRAGMENTADOR - DESGARRADOR	0	0.00	1	0.13	2	0.12
		Simuliidae	COLECTOR - FILTRADOR	4	0.34	11	1.38	3	0.18
	HEMIPTERA	Gerridae	DEPREDADOR	26	2.18	23	2.89	4	0.24
		Naucoridae	DEPREDADOR	10	0.84	19	2.38	6	0.36
		Veliidae	COLECTOR	13	1.09	40	5.02	7	0.42
	ODONATA	Calopterygidae	DEPREDADOR	7	0.59	0	0.00	0	0.00
		Coenagrionidae	DEPREDADOR	11	0.92	13	1.63	8	0.48
		Gomphidae	DEPREDADOR	12	1.01	6	0.75	2	0.12
		Libellulidae	DEPREDADOR	0	0.00	17	2.13	11	0.65
	Polythoridae	DEPREDADOR	18	1.51	4	0.50	0	0.00	
MEGALÓPTERA	Corydalidae	DEPREDADOR	1	0.08	12	1.51	69	4.11	
Malacos traca	ISOPODA	Porcellio scabar	DEPREDADOR	3	0.25	0	0.00	0	0.00
	CRUSTACEA	Pseudothelphusidae	NI	3	0.25	1	0.13	4	0.24
<b>TOTAL</b>				1192	100%	797	100%	1680	100%

Elaborado: Autora (2015)

Los grupos dietarios más abundantes en la quebrada La Victoria fueron los colectores (408), colectores – raspadores (265) y fragmentadores – colectores (229), en la quebrada El Congo predominaron los colectores (227), fragmentadores – colectores (175) y depredadores (151), sin embargo, en La Damita predominaron los fragmentadores – colectores (965), colectores (339) y colectores – raspadores (227).

En las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita se registró un total de diez grupos dietarios (grupos funcionales) del total de taxas recolectadas con predominancia de los Fragmentadores – Colectores (37,31%), Colector (26,55%), Colector - Raspador (15,78%), Depredador (12,37%), Fragmentador (3,52%), Colector - Filtrador (2,13%), Raspador (1,80%), Desgarrador (0,25%), NI (0,22%), Fragmentador - Desgarrador (0,08%).

## 4.2. DISCUSIÓN.

Durante los cuatro muestreos en la época de lluvia, se recolectaron en las tres quebradas (La Victoria, El Congo y La Damita) un total de 3669 individuos distribuidos en 2 clases, 10 órdenes y 34 familias; a diferencia de lo registrado por Yong (2014) en la época seca en esta misma zona geográfica, donde se registró un total de 2914 individuos representados en 13 órdenes y 52 familias (53). Sin embargo, un estudio realizado por Giacometti & Bersosa en Sangolquí, Ecuador determinó que la mayor cantidad de individuos se encontraron en la época de estiaje que en la época lluviosa (54). Esta contradicción en los resultados obtenidos en las estaciones lluviosas se debe principalmente a que los sitios de muestreo analizados no tienen el mismo potencial hídrico, el cual es determinante en el aumento o disminución del número de individuos. No obstante, en relación con los resultados obtenidos por Yong, existió una similitud de los órdenes con mayor riqueza de familias Trichóptera y Coleóptera, los cuales son indicadores de la contaminación rutinaria a la que se encuentra expuesto un determinado ecosistema acuático (indicadoras de aguas limpias).

El índice ecológico de diversidad alfa de Simpson ( $S$ ) el cual considera la abundancia de las taxas más representativas en la quebrada la Victoria, El Congo y La Damita se mantuvo dentro de un rango de 0,6 a 0,9, caso muy distinto a lo documentado por Meza *et al.*, quienes indican que el valor de la dominancia de Simpson se mantuvo dentro de un rango entre 0.18 y 0.24, cuyo valor más alto se explica principalmente por la dominancia de la familia Chironomidae del orden Díptera (55). De ahí que los valores altos del índice de Simpson en Murocomba revelan una alta dominancia de familias, que abarca principalmente a las familias Hydropsychidae y Leptoceridae, en el orden Trichóptera; Elmidae, del orden Coleóptera; y Leptophlebiidae, del orden Ephemeroptera.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del índice de Shannon Weaver ( $H'$ ) sus valores oscilaron entre 1,5 - 2,3 en las tres quebradas La Victoria, El Congo y La Damita existiendo una similitud con lo reportado por Obando y Bustamante en la quebrada Cajones del municipio de Montenegro – Quindío en seis estaciones que presentaron valores similares entre 1.6 - 2.4 indicando que son zonas afectadas antrópicamente, con transformaciones de sus cuencas y paisaje ribereña, lo cual se relaciona con la reducción de las comunidades y la dominancia de ciertas especies (56).

El Índice de equidad de Pielou (J) registró una máxima diversidad relativa en las quebradas La Victoria y El Congo 0,8 y una mínima diversidad relativa en la quebrada La Damita de 0,5 diferente a los resultados obtenidos en la época de estiaje donde se obtuvo una mayor diversidad relativa en El Congo 0,8 y una menor en las zonas de La Victoria y La Damita 0,7. En la investigación realizada en Uruguay por Morelli y Verdi la diversidad alfa (equidad de Pielou J') en los cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa registró un valor de 0,75; además determinan que existen factores que influyen en la diversidad de los macroinvertebrados tales como turbidez y aumento de caudal (7).

En la determinación de la presencia-ausencia de fauna de macroinvertebrados acuáticos mediante la aplicación del índice de Sorensen (diversidad beta) en tres comparaciones entre los puntos de muestreo, el valor máximo de similitud se registró en la relación entre El Congo y La Damita con un total de 0,84, por el contrario valores mínimos de similitud se presentó en la relación entre La Victoria – El Congo y La Victoria – La Damita con un valor similar de 0,75 respectivamente. Al comparar estos valores con la investigación realizada por Walteros y Paiba se determina que las familias presentes entre las estaciones muestreadas quebradas La Mula (cuatro estaciones) y El Diamante (tres estaciones) y sobre el cauce del río Chinchiná (dos estaciones) a través del coeficiente de Sorensen, se encontró como resultado un intervalo entre 0,541- 0,574 de similitud entre las zonas monitoreadas (57).

La aplicación del índice QBR el cual a través de una valoración cuantitativa ( $\geq 95$  -  $\leq 25$ ) describe el estado de los bosques de ribera, los resultados obtenidos determinan que en el Bosque Protector Murocomba, las zonas de estudio quebradas La Victoria (100%), El Congo (30%) y La Damita (60%) se enmarcan dentro de tres niveles de calidad: *muy buena*, *mala e intermedia* similar a lo presentado por Yong (53). Según las investigaciones documentadas por Guevara y Meza, determinan que zonas donde se presente descenso o disminución de la vegetación ribereña por factores antropogénicos, presentan una reducción de la diversidad (58) y (55).

La determinación de la calidad del agua a través de la aplicación del índice ETP % el cual mide la riqueza de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, presentó una similitud en las quebradas La Victoria (61%) y La Damita (71%) buena calidad y en El Congo (49%) una calidad regular. Al hacer una comparación espacial del cálculo de este

índice biótico con la investigación realizada por Yong (2014) en la época de estiaje, la calidad de sus aguas presentaron una variación en las quebradas La Victoria (49) y La Damita (48) calidad regular y en El Congo (56) buena calidad (53). Los datos podrían revelar que la información correspondiente a los sitios La Victoria y La Damita denota que, dependiendo de la época climática del año, la calidad del agua es mejor en el invierno, y regular en el estiaje. No obstante, la relación entre los datos estacionales correspondientes al sitio El Congo podrían revelar probablemente la necesidad de ser confirmados para la época seca, porque rompen con la tendencia de los otros dos sitios y sobre todo porque el área con mayor alteración antropogénica.

El índice BMWP-Col registró en las quebradas La Victoria (111) y El Congo (106) una calidad del agua enmarcando dentro de estándares de aguas de *calidad buena, no contaminadas alteradas de manera sensible* a diferencia de la quebrada La Damita (98) donde el índice presentó un nivel de *calidad regular, eutrofia, contaminación moderada*. Sin embargo, en la estación seca en el estudio realizado por Yong (2014) la quebrada La Victoria (121) presentó un nivel de calidad de agua excelente y El Congo (107) mantuvo su condición de excelencia igual a la estación anterior; un estado similar se presentó en la quebrada La Damita (116) (53); estos niveles son diferente al compararlos como referencia con la investigación realizada por López en el río Pasto donde los valores obtenidos de la aplicación de la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos presenta calidades de aguas ligeramente contaminada, aguas moderadamente contaminadas, aguas fuertemente contaminadas y aguas muy contaminadas, además determina que la diversidad de actividades antrópicas conlleva al deterioro del recurso hídrico y a la desaparición de la fauna bentónica. (59).

La aplicación del Índice Biológico a Nivel de Familias (IBF - El Salvador) en la época lluviosa presentó una similitud en las quebrada la Victoria (4,32) y El Congo (4,85), enmarcándose dentro de la Clase III , Buena Calidad, con alguna contaminación orgánica probable, por el contrario, la quebrada La Damita (5,02) se mantuvo dentro de la clase IV, calidad de aguas Regular con una probable contaminación regular considerable; no obstante, en la época de estiaje la quebrada La Victoria (3,81), su resultado la calificó en la Clase II, Muy Buena Calidad de agua, con alguna contaminación orgánica ligera, sin embargo, la quebrada El Congo (5,23) y La Damita (5,11) se mantuvo con un criterio clase IV, calidad regular Probable contaminación regular considerable, estas diferencias en los valores y

clasificación de la calidad del agua son causados por de intensidad de las dinámicas antropogénicas, factores climáticos, geográficos y simbióticos los cuales son diferentes en cada estación del año, influyendo directamente en la abundancia y distribución de los organismos.

Al hacer una comparación entre los índices EPT%, BMWP/Col e IBF en las quebradas La Victoria, El Congo y La Damita del Bosque Protector Murocomba, se observaron una similitud en la clasificación del nivel de calidad del agua en los índices BMWP/Col e IBF Salvador (quebradas la Victoria y el Congo Buena y la quebrada La Damita Regular), sin embargo, el índice ETP mostró una variación en su nivel de calidad (La Victoria y La Damita Regular y el Congo Buena calidad) esto se justifica debido al presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera.

Las variables fisicoquímicas analizadas durante la época lluviosa describen que son sistema que poseen aguas sobresaturadas de oxígeno con un promedio total de 9,52 mg/dm<sup>3</sup> durante el tiempo de muestreo, presentando condiciones aceptables óptimas para el desarrollo de la vida de gran mayoría de organismos para lograr la producción de energía para desarrollarse y reproducirse y un pH cercano a la neutralidad de 7,2, manteniéndose según lo establecido en la normativa vigente regulados según los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 028 a diferencia de lo reportado por Guinard *et al.*, donde se demuestra que las concentraciones en la época lluviosa fueron inferiores a los límites establecidos para de oxígeno disuelto (4,51 mg/L) y pH (5,24) (5). Según Nieves *et al.*, 2010 en términos de calidad de agua valores normales de oxígeno disuelto (mayor a 5 mg/L y pH (6-9) en los ecosistema acuáticos, ya que están conexos con los procesos metabólicos de los organismos aeróbicos y con la productividad biológica (60).

Los valores de temperatura media fueron en las quebradas La Victoria 16,4 °C, El Congo 17,2 °C y La Damita 17,6 °C y se mantuvieron dentro del rango permisible establecido en el Acuerdo Ministerial N° 028 (condiciones naturales + 3 Máxima 32), diferente a los valores encontrados en la investigación realizada por Meza *et al.*, en la subcuenca alta del río Chinchiná, quebrada El Diamante 10,1 °C, La Oliva 12.1 °C y el Río Chinchiná 13.4 °C. La temperatura en un parámetro significativo en los sistemas acuáticos, podría causar mortalidad e influenciar la solubilidad del oxígeno disuelto (60).

La conductividad eléctrica se obtuvo un resultado de 193,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  manteniéndose debajo del estándar ambiental de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  regulado como límite máximo permisible por la Organización Mundial de la Salud a diferencia de los resultados obtenidos por Terneus *et al.*, en la investigación desarrollada en el río Lliquino, uno de los afluentes del río Pastaza, en el oriente ecuatoriano donde se registró una conductividad eléctrica de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (61), conductividad eléctrica es un parámetro determinante en ambientes hídricos, un aumento potencial provoca la reducción de la diversidad de las especies.

Los sólidos totales disueltos cumplen el valor permisible (100) establecido en el Acuerdo Ministerial N° 028 y presentaron valores que se hallan entre 83,8  $\text{mg}/\text{dm}^3$  a 90,5  $\text{mg}/\text{dm}^3$  diferente a lo que detalla (49) en un río altoandino de la cuenca amazónica boliviana donde los valores de STD fluctuaron entre 46,5  $\text{mg}/\text{dm}^3$  a 65.3  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .

Las fuertes precipitaciones desarrolladas durante el período de muestro afectó el comportamiento hídrico de las tres zonas de estudio, y constituyeron una variable hidrológica que perturbó numéricamente la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos puesto que se registraron caudales que fluctuaron entre 7,73 a 344,74  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Las comunidades de macroinvertebrados clasificados en grupos dietarios de acuerdo con la propuesta Chará-Serna *et al.* (30) estuvieron conformados por diez grupos alimenticios, compuestos por 33 familias, y una mayor abundancia de Fragmentadores – Colectores (37,31%), Colector (26,55%) y Colector - Raspador (15,78%), diferencia de lo observado y documentado por Rivera *et al.*, donde la comunidad de macroinvertebrados acuáticos registró seis grupos alimenticios, los cuales estuvieron formados por 27 familias y la mayor abundancia correspondió a detritívoros (43,5 %), colectores-raspadores (31,5 %) y colectores-fragmentadores (14,1 %) (62), la corriente del agua es un factor determinante para proveer del sustrato necesario y permitir la presencia de estos grupos dietarios .

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- La comunidad de macroinvertebrados recolectados en los tres puntos de muestreo quebradas La Victoria, El Congo y La Damita presentó una abundancia acumulativa de 3669 macroinvertebrados perteneciente a 2 clases, 10 órdenes y 34 familias, las taxas dominantes corresponden a los Trichópteros con 1704 individuos, Coleópteros con 782 individuos y Ephemeropteros con 606 individuos. Los índices de diversidad aplicados alfa Simpson (D), Shannon - Weaver ( $H'$ ), Pielou (J) presentaron mayor riqueza de fauna bentónica en las quebradas La Victoria y El Congo y menor en La Damita. La máxima similitud (Sorensen Cs) se presentó entre las quebradas El Congo y La Damita debido a la similaridad faunística de taxones entre los puntos estudiados. Existieron diferencias en los niveles de calidad del agua descrito por los índices bióticos (*buena y regular*) Los grupos dietarios más predominantes fueron Fragmentadores - Colectores 1369, Colector 974 y Colector - Raspador 579.
- El índice de dominancia de Simpson (D) determinó que las quebradas La Victoria y El Congo tuvieron menor dominancia (0,2) pero una alta diversidad de macroinvertebrados (0,9), por el contrario, la quebrada La Damita registró mayor dominancia (0,4) con un menor grado de diversidad (0,6).
- El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) presentó una mayor diversidad en la quebrada El Congo con 2,3 y la quebrada La Victoria con 2,1, no obstante, en la quebrada La Damita se registró una menor diversidad con un total de 1,5.
- El índice de Pielou (J) mostró una máxima diversidad relativa en las quebradas La Victoria y El Congo con un valor similar de 0,8, por el contrario, la quebrada La Damita tuvo una diversidad relativa mínima de 0,5
- El índice cuantitativo de Sorensen en una escala de 0 a 1, registró un valor máximo de similitud de comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la relación entre las quebradas El Congo (Intervenido) vs La Damita (Plantaciones) con un total de 0,84, por el contrario, valores mínimos de similitud se obtuvieron en las relaciones entre las quebradas La Victoria (Bosque Nativo) vs El Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Nativo) vs La Damita (Plantaciones) con un valor similar de 0,75.

- En las tres puntos de muestreo Quebradas La Victoria, El Congo y La Damita los parámetros físico químicos oxígeno disuelto ( $\text{mg/dm}^3$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ), sólidos totales disueltos ( $\text{mg/dm}^3$ ) y potencial de hidrógeno (pH), medidos durante los meses de diciembre, enero, marzo y abril fueron comparados con los límites máximos permisibles regulados según el Acuerdo Ministerial 028 y la Organización Mundial de la Salud presentaron los siguientes valores:
- Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) fluctuaron entre  $8,35 \text{ mg/dm}^3$  a  $10,92 \text{ mg/dm}^3$ , estos valores se hallan dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 028 (no menor a  $5 \text{ mg/dm}^3$ ), acorde a estos datos de concentración de oxígeno disuelto estas aguas poseen la condición adecuada para el desarrollo de la vida de una gran cantidad organismos acuáticos.
- La temperatura con valores entre  $10,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  permiten determinar que los sistemas acuáticos presentan condiciones aceptables para el desarrollo, aumento de la riqueza y composición de las comunidades bentónicas, estos datos corresponden a rangos normales de temperatura referente a lo establecido en el Acuerdo Ministerial N° 028 (condiciones naturales + 3 Máxima 32).
- La conductividad eléctrica parámetro indicador del grado de contaminación de un determinado recurso hídrico en los monitoreos realizados registraron un rango mínimo de  $126,5 \mu\text{S/cm}$  y un máximo  $323,4 \mu\text{S/cm}$ , límites máximos permisibles establecidos por la OMS que determina un valor de 250.
- Los sólidos totales disueltos (STD) monitoreados presentaron un valor máximo de  $148 \text{ mg/dm}^3$ , esta cifra no se enmarca dentro del rango de  $100 \text{ mg/dm}^3$  establecido en el Acuerdo Ministerial 028 como límite máximo permisible para este parámetro; no obstante, también reportó un valor mínimo de  $49 \text{ mg/dm}^3$  en cual si se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.
- El potencial de hidrógeno (pH) uno de los factores ambientales significativo que tiene influencia directa en la proliferación y supervivencia de los bentos, registró valores entre 7,1 a 7,3 lo cual nos indica que los puntos monitoreados se encuentran dentro del

rango 6,5 – 9 establecido en el Acuerdo Ministerial 028 como límite máximo permisible para estipularse como parámetro normal.

- La quebrada La Victoria (Bosque Nativo) registró en total 1192 individuos pertenecientes a 2 clases, 10 órdenes y 26 familias, las taxas más abundantes fueron las Elmidae (Coleóptera), Hydropsychidae (Trichóptera) y Leptoceridae (Trichóptera). El índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) registró un valor final de 100% en mismo que se encuentra dentro de un rango  $QBR \geq 95$ , “*Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural*”, los índices ETP (61%), BMWP-Col (111) e IBF - El Salvador (4,32) presentaron un nivel de calidad *Buena* es decir no existen impactos altos de contaminación que afecten las comunidades bentónicas, Los grupos dietarios más representativos están caracterizados por los colectores (408), colectores – raspadores (265) y fragmentadores – colectores (229).
- En la quebrada El Congo se reconoció a 797 individuos distribuidos entre 2 clases, 9 órdenes y 25 familias, las especies más abundantes fueron Hydropsychidae (Trichóptera), Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Elmidae (Coleóptera). El índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) registró un valor de 30% hallándose dentro del rango de calidad QBR 30-50, zona con “*Alteración fuerte, mala calidad*”, los índices BMWP-Col (106) e IBF - El Salvador (4,85) presentaron un nivel de calidad *Buena*, similar al primer punto de muestreo (La Victoria), esta condición no se mantuvo en los resultados obtenidos del índice ETP (49%), calidad *regular* por la disminución gradual de individuos recolectados de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichóptera los cuales por su vulnerabilidad a cambios en su hábitat causadas por acciones antrópicas (actividades ganaderas) afectó en los niveles de calidad. Los grupos dietarios más representativos fueron los colectores (227), fragmentadores – colectores (175) y depredadores (151).
- En la quebrada La Damita se halló 1680 individuos repartidos entre 2 clases, 9 órdenes y 25 familias las especies más abundantes fueron Hydropsychidae (Trichóptera), Elmidae (Coleóptera), Leptophlebiidae (Ephemeroptera). El índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) en la quebrada La Damita tuvo una puntuación equivalente a 60% oscilando dentro del rango QBR entre 55-70, área con un “*Inicio de alteración importante, calidad intermedia*”, los índices BMWP-Col (98) e IBF - El Salvador

(5,02) presentaron un nivel de calidad *Regular* diferente a los puntos La Victoria y El Congo que presentaron un nivel de calidad de buena, sin embargo, esta condición no se mantuvo en los resultados obtenidos de ETP (71%) calidad *Buena*, esta situación de excelencia se debió al dominio de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera recolectados, los grupos dietarios predominantes fueron los fragmentadores – colectores (965), colectores (339) y colectores – raspadores (227).

- El caudal (Q) el cual influye principalmente sobre los requerimientos alimentarios y respiratorios de la fauna acuática, en los meses de diciembre, enero, marzo y abril en los tres cursos de agua presentó variaciones en función de la presencia de precipitaciones pluviales, en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) de su caudal fluctuó entre 11,23m<sup>3</sup>/s, a 95,10; la quebrada El Congo (Intervenido) su caudal se mantuvo en un intervalo entre 20,47 m<sup>3</sup>/s a 168,76 m<sup>3</sup>/s y la quebrada La Damita (Plantaciones) su caudal presentó valores entre 19,61 m<sup>3</sup>/s a 274,26 m<sup>3</sup>/s.
- Al realizar una valoración tanto biológica como fisicoquímica para el año 2015 la calidad del agua en el Bosque Protector Murocomba es de calidad buena, posee una buena capacidad de auto-depuración y presenta condiciones adecuadas para conservar la fauna acuática.

## 5.2. Recomendaciones.

- Los distintos ecosistemas acuáticos con diferentes coberturas vegetales existentes en el Bosque Protector Murocomba determinan la preservación o no de las fuentes de abastecimiento de agua para las diversas comunidades, por lo tanto se recomienda que el Ministerio del Ambiente (MAE) con fines de protección, promueva y ejecute programas de reforestación para el mantenimiento y resguardo de la cobertura vegetal ribereña perenne en las orillas de los cuerpos de agua a fin de mitigar las perturbaciones en los ambientes hídricos por causas naturales o antrópicas.
- Que las diversas carteras de Estado como el Ministerio del Ambiente (MAE) y Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca (MAGAP) formen alianzas con la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y distintas entidades educativas con la finalidad de impulsar programas académicos e investigativos con objetivos específicos que involucre la conservación de los cobertura vegetal ribereña y por ende el mantenimiento de los niveles de calidad de agua.
- Continuar con estudios de biomonitoreo acuático a través del uso y aplicación índices ecológicos y biológicos como metodologías en posteriores investigaciones que permitan determinar los niveles de calidad hídrica del Bosque Protector Murocomba.
- Debido al gran número de especímenes identificados en los cuerpos de agua dentro del Bosque Protector Murocomba se recomienda realizar otros estudios taxonómicos a fin de tener una base de datos sobre las clases, ordenes, familias y géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes y especificar con exactitud la variación que se va dando a través del tiempo en cantidad y número de especies.
- Se recomienda realizar este tipo de investigaciones (biomonitoreo acuático) en otras zonas tanto a nivel cantonal, provincial y del país, empleando tiempos más prolongados y mayor número de repeticiones para una mejor determinación de los estándares de calidad.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. LITERATURA CITADA.

1. Alonso A, Camargo JA. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 2005; 14 (3): 87-99.
2. Yugán Zambrano JL. *Estudio de la Calidad de Agua en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. [Tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010.
3. Springer M. Biomonitorio acuático. *Rev. Biol. Trop.* 2010; 58 (4): 53-59.
4. Álvarez Carrión SM, Pérez Rivera L. *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. [Tesis de Grado]. Zamorano; 2007.
5. Del C. Guinard J, Ríos T, Bernal Vega JA. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Revista Gestión y Ambiente* 2013; 16 (2): 61-70.
6. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Valencia. Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial 2012 - 2016. [Online]. 2011 [citado el 11 de Julio 2015]. Available from: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1260002000001/PDyOT/30062013\\_171535\\_PDOT-Vale.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1260002000001/PDyOT/30062013_171535_PDOT-Vale.pdf).
7. Morelli E, Verdi A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2014; 85: 1160-1170.
8. Forero Céspedes AM, Reinoso Flórez G. Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos *Caldasia* 2013; 35 (2):371-387.

9. Arango CM, Álvarez LF, Arango GA, Torres OE, Monsalve AJ. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA* 2008; (9): 121-141.
- 10 Endara A. Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, . Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE* 2012; 3(2): 33-41.
- 11 Martínez García N. *Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de . contaminación del balneario Hurtado, rio Guatapuri, Valedupar-Cesar*. [Tesis de Grado]. Universidad Industrial de Santander; 2010.
- 12 Marín Cartagena MF, Zurita Muños EV. *Estudio de la calidad del agua con la . utilización de bioindicadores acuáticos y formulación de un plan de monitoreo en Chical, provincia del Carchi*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica del Norte; 2014.
- 13 Gamboa M, Reyes R, Arrivillaga J. Macroinvertebrados bentónicos como . bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2008; 48 (2): 109-120.
- 14 Rodríguez Sánchez X, Gentil Jaime M. *Análisis de la calidad del agua de las cuencas . “El Gitano” y “La Cordillera” del Municipio de Rio de Oro, Cesar mediante el uso del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) y algunas variables fisicoquímicas*. [Tesis de Grado]. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; 2014.
- 15 Bajaña E. *Estudio de la calidad del agua del río Babahoyo y sus afluentes: Índice . saprobio*. [Tesis de grado]. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales; 2013.
- 16 Arce Moncada MF, Leiva Calderón MA. *Determinación de la calidad de agua de los . ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica Particular de Loja; 2009.
- 17 Storch D, Sizing A. The Concept of Taxon Invariance in Ecology: Do Diversity

- . Patterns Vary with Changes in Taxonomic Resolution?. *Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic* 2008; 43: 329-344.
- 18 Ramírez C, San Martín C. Ecosistemas Dulceacuícolas. [Online]. 2008 [cited 12 Julio del 2015]. Available from: [http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articulos-45159\\_recurso\\_4.pdf](http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articulos-45159_recurso_4.pdf).
- 19 Hanson P, Springer M, Ramírez A. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop.* 2010; 58 (4): 3-37.
- 20 Manrique Losada B, Echeverri Arias JA, Peláez Rodríguez M. Aportes desde la hidroinformática a la gestión de ecosistemas acuáticos amazónicos. *Ingeniería e Investigación* 2011; 31(1): 108-116.
- 21 Auquilla Cisneros C. *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica*. [Tesis de Posgrado]. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza de Costa Rica; 2005.
- 22 Gil Quilez MJ, Palau A, Fernandez Manzanal Ch. Calidad biológica (BMWP') de las aguas del rio Cinca (Huesca) *Limnetica* 2001; 20 (1): 107-113.
- 23 Pascual , Bourgeois , Ojea. Desarrollo, salud humana y amenazas ambientales. La crisis de la sustentabilidad. 1st ed. Barragan L, editor. La Plata: Universidad Nacional de La Plata; 2010.
- 24 Chávez Sifontes JM, Orantes Guerrero EE. *Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativa para determinar la calidad del agua del Río Sensunapán, Departamento de Sonsonate, El Salvador, C.A.* [Tesis de Grado]. Universidad de el Salvador; 2010.
- 25 Camargo Díaz A. *Evaluación ambiental de la quebrada de la Honda del Municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR*. [Tesis de maestría]. Universidad Industrial de Santander; 2004.

- 26 Zhen Wu BY. *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* [Tesis de maestría]. Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales San Jose, Costa Rica; 2009.
- 27 Allan JD, Castillo MM (eds.). *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2<sup>a</sup> ed. Caracas Venezuela: Springer; 2007. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=4tDNEFcQh7IC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Stream+ecology:+structure+and+function+of+running+waters.&ots=CQtfepbl9\\_&sig=ykEO40oF4b53yqb4oCtzx6vojJE#v=onepage&q=Stream%20ecology%3A%20structure%20and%20function%20of%20running%20waters.&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=4tDNEFcQh7IC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Stream+ecology:+structure+and+function+of+running+waters.&ots=CQtfepbl9_&sig=ykEO40oF4b53yqb4oCtzx6vojJE#v=onepage&q=Stream%20ecology%3A%20structure%20and%20function%20of%20running%20waters.&f=false)
- 28 Andrade Piedra J, Reinoso, I, Ayala, S (eds.). *Memorias del IV Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Junio de 2011. Guaranda - Ecuador. 131 p.
- 29 Vázquez G, Castro G, Mora, G, Pérez R, Castro T. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* 2006; 60: 41 - 48.
- 30 Chará-Serna AM, Chará JD, Zúñiga MC, Pedraza GX, Giraldo LP. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 2010; 15 (1): 27-36.
- 31 Ladrera R, Rieradevall M, Prat N. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica*. [Online]. 2013 [cited 2015 Junio 12]. Available from: [http://www.ehu.es/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf](http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf).
- 32 Carrera Reyes C, Fierro Peralbo K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. [Online]. 2001 [cited 2015 Julio 15]. Available from: <http://www.ecociencia.org/archivos/ManualLosmacroinvertebradosacuaticos-100806.pdf>.
- 33 Ladrera Fernández R. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*. [Online]. 2012 [cited 2015 Julio 22]. Available from: <file:///C:/Users/Ivan/Downloads/Dialnet->

LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812%20(10).pdf.

- 34 Mafla Herrera M. *Guía para las evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca – Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). 2005.*
- 35 Fernández, H, Domínguez E (eds). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán Editorial Universitaria de Tucumán; 2001.*
- 36 Gutiérrez Fonseca PE. Plecóptera. *Rev. Biol. Trop.* 2010; 58 (4): 139-148.
- 37 Springer M. Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.* 2010; 58 (4): 151-198.
- 38 Betancourth Oña JC. *Análisis estacional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en un tramo del río Portoviejo.* [Tesis de Grado]. Zamorano, Honduras; 2007.
- 39 Pino W, Mena D, Mosquera M, Caicedo K, Palacios J, Castro A, Guerrero J. *Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la quebrada la bendición, Municipio de Quibdó (Chocó, Colombia).* *Acta Biológica Colombiana* 2003; 8 (2): 23-30.
- 40 Moreno CE. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA* 2001; 1: 1-84.
- 41 Alvarado Peña ZK, Barreno Coba HB. *Composición de macroinvertebrados acuáticos en bromelias de un bosque de altura, El Paraíso, Honduras.* [Tesis]. Zamorano Honduras; 2010.
- 42 Barinas Vizcaíno M. *Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras.* [Tesis de Grado]. Zamorano; 2008.
- 43 Acuña Campos ES. *Determinación de la calidad del agua en la subcuenca del río*

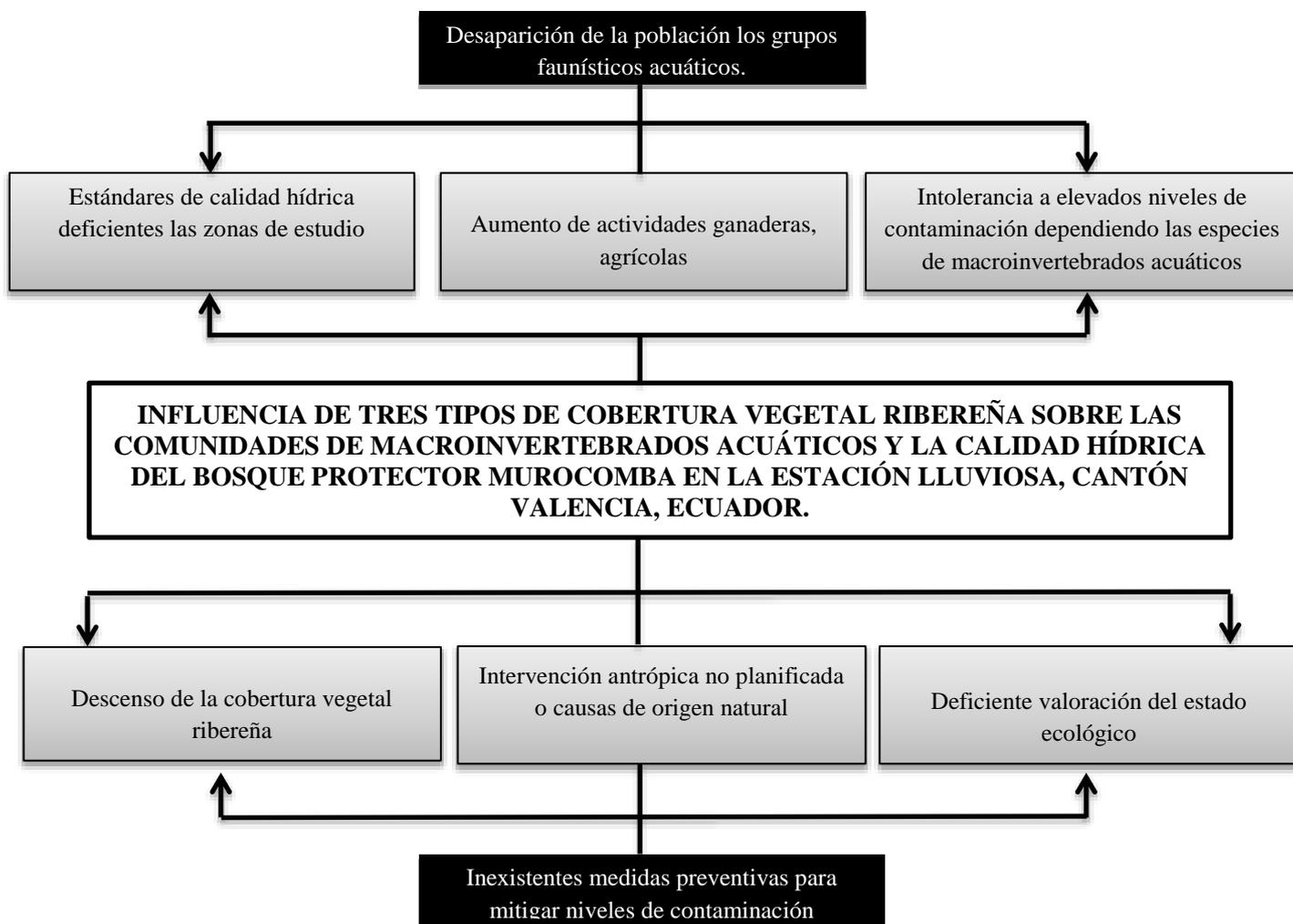
- . *Quiscab Departamento de Sololá, mediante dos índices bióticos*. [Tesis de grado]. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2013.
- 44 Kutschker A, Brand C, Miserendino ML. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral* 2009; 19:19-34.
- 45 Ramírez C, García J, Carvajal Y, Ramírez O, Bocanegra R, Loaiza J, Escobar J. *Manual de procedimientos hidrométricos* [Online]. 2005 [cited 18 de Noviembre del 2015]. Available from: [http://www.sensorvital.com/archivos/menu\\_4/17.pdf](http://www.sensorvital.com/archivos/menu_4/17.pdf).
- 46 Samanez Valer I, Rimarachín Ching V, Palma Gonzales C, Arana Maestre J, Ortega Torres H, Correa Roldán, Hidalgo Del Águila M. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales de Perú: Una herramienta didáctica*. [Online]; 2014 [cited 12 de Agosto del 2015]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>.
- 47 Ramírez DF, Talero GM, López RH. Macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del río Bogotá. Cajicá-Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 2013; 16(1): 205 - 214.
- 48 Segnini S. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos* 2003; 16(2):45-63.
- 49 Molina Paredes MX. *El paisaje fluvial en la gestión del recurso hídrico (Chile): caso de estudio río Limarí* [Tesis Doctoral]. Universitat de Barcelona; 2012.
- 50 Hilsenhoff, W. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Source: Journal of the North American Benthological Society* 1998; 7(1): 65-68.
- 51 Aguirre Andrade JF. *Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*. [Tesis de Grado]. Universidad

- Politécnica Salesiana; 2011.
- 52 Pla L. Biodiversidad inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *. Interciencia* 2006; 31(8): 583-590.
- 53 Yong Benítez RE. *Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en ríos del Bosque Protector Murocomba, cantón Valencia, Ecuador*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
- 54 Giacometti JC, Bersosa F. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico* 6 2006; 2: 17-32
- 55 Meza A, Rubio J, Dias L, Walteros J. Water quality and composition of aquatic macroinvertebrates in the subwatershed of river Chinchiná. *Caldasia* 2012; 34(2): 433-456.
- 56 Obando Correal NL, Bustamante Toro CA. Macroinvertebrados y algas perifíticas de la quebrada Cajones, unidad de manejo de cuenca UMC río Espejo Municipio de Montenegro, Quindío, Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cienc.(Col.)* 2014; 26: 133-144.
- 57 Walteros Rodríguez JM, Paiba Alzate JE. Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la Reserva Forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico Centro de Museo de Historia Natural* 2010; 14 (1): 137-149.
- 58 Guevara G, Jara C, Mercado M, Elliott S. Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la reserva costera Valdiviana, Sur de Chile. *Asociación Colombiana de Limnología Neolimnos* 2006; 1: 98-105.
- 59 López Martínez ML. Determinación de la calidad del agua del río Pasto mediante la utilización de bioindicadores *Revista UNIMAR* 2009; file:///C:/Users/Ivan/Downloads/150-525-1-PB%20(2).pdf (último acceso 13 septiembre 2015).
- 60 Nieves García E, Rosas Rodríguez KG, Devarie Hornedo ME.

- . *Biodiversidad de Insectos Acuáticos Asociados a la Cuenca del Río Grande de Manatí*. [Online]. 2010 [cited 2015 junio 27]. Available from: [http://www.drna.gobierno.pr/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/proyectos-de-geointernado/Biodiversidad\\_2010\\_FINAL.pdf](http://www.drna.gobierno.pr/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/proyectos-de-geointernado/Biodiversidad_2010_FINAL.pdf).
- 61 Terneus E, Hernández K, Racines MJ. Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revistas de Ciencias* 2012; 16: 31-45.
- 62 Rivera Usme JJ, Pinilla Agudelo G, Camacho Pinzón DL. Macroinvertebrate Trophic Groups in an Andean Wetland of Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 2013; 18(2): 279-292.
- 63 Constitución De La República Del Ecuador. *Registro Oficial N° 449*, Lunes 20 de Octubre del 2008. 1-81. [https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion\\_politica.pdf](https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion_politica.pdf) (último acceso 18 septiembre 2015).
- 64 Ley de Gestión Ambiental, Codificación. *Registro Oficial Suplemento 418*, 10 de septiembre del 2004. 1-14 <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf> (último acceso 20 septiembre 2015).
- 65 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua *Registro Oficial N° 305*, 6 de agosto del 2004. 1-32 <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf> (último acceso 25 noviembre 2015).
- 67 Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 028 Sustituyese El Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. Edición Especial N° 270 .Ecuador. Registro Oficial 270, 13 de febrero del 2015 <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf> (último acceso 15 noviembre del 2015).

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## ANEXO 1. Árbol de Problemas.



Elaborado: Autora (2015)

## ANEXO 2. Calificación del Índice Calidad de Bosque de Ribera (QBR).

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25.

### Grado de cubierta de la zona de ribera

Puntuación	
25	> 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es total
+5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es superior al 50%
-5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es entre el 25 y 50%
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es inferior al 25%
<b>Puntaje bloque 1</b>	

### Estructura de la vegetación en la zona de ribera

PUNTUACIÓN	
25	Recubrimiento de árboles superior al 75%
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%

<b>5</b>	Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%
<b>0</b>	< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera
<b>+10</b>	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%
<b>+5</b>	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%
<b>+5</b>	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque
<b>-5</b>	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%
<b>-5</b>	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
<b>-10</b>	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50%

## **Puntaje bloque 2**

### **Calidad de la cubierta**

<b>PUNTUACIÓN</b>	
<b>25</b>	Todos los árboles de la vegetación ribereña autóctonos
<b>10</b>	Máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas
<b>5</b>	26-50% de los árboles de ribera son especies introducidas
<b>0</b>	Más del 51% de los árboles son especies introducidas
<b>+10</b>	>75% de los arbustos son especies autóctonas
<b>+5</b>	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas
<b>-5</b>	26-50% de la cobertura de arbustos es de especies autóctonas

---

<b>-10</b>	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas
------------	--

---

**Puntaje bloque 3**

---

**Grado de naturalidad del canal fluvial**

---

**PUNTUACIÓN**

---

<b>25</b>	El canal del río no ha estado modificado
-----------	--

---

<b>10</b>	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
-----------	--

---

<b>5</b>	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
----------	---

---

<b>0</b>	Río canalizado en la totalidad del tramo
----------	--

---

<b>-10</b>	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
------------	---

<b>-10</b>	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río
------------	---

<b>-5</b>	Si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes
-----------	---

<b>-10</b>	Si hay un basurero permanente en el tramo estudiado
------------	---

---

**Puntaje bloque 4**

---

**Puntuación final** (suma de las anteriores puntuaciones) QBR total

---

**FUENTE:** (Kutschker *et al.*, 2009 modificado modificado de Munné *et al.*, 1998) (44).

---

### ANEXO 3. Hoja para el cálculo del índice EPT%.

Sitio de colección: \_\_\_\_\_  
 Nombre del río o estero: \_\_\_\_\_  
 Fecha de colección: \_\_\_\_\_  
 Personas que colectaron: \_\_\_\_\_

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		⇨
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthyplociidae		⇨
Gastropoda		
Glossosomatidae		⇨
Gordioidea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		⇨⇨
Hydropsichidae		⇨⇨
Leptoceridae		⇨⇨
Leptohyphidae		⇨⇨
Leptophlebiidae		⇨⇨
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		⇨⇨
Perlidae		⇨⇨
Philopotamidae		⇨⇨
Psephenidae		
Ptilodactylidae		
Pyrilidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
<b>TOTAL</b>		
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">  </span> ÷ <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">  </span> = <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">  </span>  <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">  </span> x 100 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">  </span> %                 </div>

Calidad de Agua	
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

FUENTE: Carrera y Fierro (2001) (32)

**ANEXO 4. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice  
BMWP/Col.**

<b>Puntuación</b>	<b>Grupos de macroinvertebrados</b>
<b>Puntuación</b>  <b>9</b>	Odonata: Polythoridae
	Diptera: Blephariceridae; Athericidae
	Ephemeroptera: Heptageniidae
	Plecoptera: Perlidae
	Trichoptera: Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae
<b>Puntuación</b>  <b>8</b>	Ephemeroptera: Leptophlebiidae
	Odonata: Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae
	Trichoptera: Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae
	Blattodea: Blaberidae
<b>Puntuación</b>  <b>7</b>	Coleoptera: Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae
	Odonata: Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae
	Trichoptera: Philopotamidae
	Crustacea: Talitridae, Gammaridae
<b>Puntuación</b>  <b>6</b>	Odonata: Libellulidae
	Megaloptera: Corydalidae
	Trichoptera: Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae Ephemeroptera: Euthyplociidae; Isonychidae

---

	Lepidoptera: Pyralidae
	Trichoptera: Hydropsychidae; Helicopsychidae
	Coleoptera: Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae;
<b>Puntuación</b>	hidrochidae;
<b>5</b>	Ephemeroptera: Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarcyidae; Baetidae
	Crustacea: Crustacea
	Tricladida: Turbellaria

---

	Coleoptera: Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae
	Diptera: Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae
<b>Puntuación</b>	Hemiptera: Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae;
<b>4</b>	Nepidae;
	Notonectidae
	Odonata: Calopterygidae, Coenagrionidae
	Ephemeroptera: Caenidae
	Hidracarina

---

	Coleoptera: Hydrophilidae
<b>Puntuación</b>	Diptera: Psychodidae
<b>3</b>	Molusca: Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae;
	Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae
	Annelida: Hirudidae; Glossiphonidae, Erpobdellidae

---

---

Crustacea: Asellidae

---

**Puntuación** 2    Diptera: Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae; muscidae; thaumaleidae; ephydriidae

---

**Puntuación** 1    Diptera: Syrphidae  
Oligochaeta: (todas las clases)

---

FUENTE: Roldan, 1998

### ANEXO 5. Puntaje para las familias identificadas en el salvador IBF-SV

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación	Invertebrados acuáticos	
	Orden	Familia
0	<i>Diptera</i>	<i>Blephariceridae</i>
		<i>Corduliidae</i>
1	<i>Odonata</i>	<i>Platystictidae</i>
		<i>Trichoptera</i>
		<i>Glossosomatidae</i>
2	<i>Odonata</i>	<i>Cordulegasteridae</i>
		<i>Plecoptera</i>
		<i>Perlidae</i>
		<i>Calamoceratidae</i>
		<i>Trichoptera</i>
		<i>Lepidostomatidae</i>
3	<i>Coleoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>
		<i>Xiphocentronidae</i>
		<i>Blattodea</i>
		<i>Gyrinidae</i>
		<i>Lampyridae</i>
4	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>
		<i>Heptageniidae</i>
		<i>Trichoptera</i>
4	<i>Bivalvia</i>	<i>Polycentropodidae</i>
		<i>Gastropoda</i>
		<i>Hydrobiidae</i>

		<i>Dryopidae</i>
		<i>Elmidae</i>
	<i>Coleoptera</i>	<i>Hydroscaphidae</i>
		<i>Noteridae</i>
		<i>Psephenidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Pleidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Aeshinidae</i>
		<i>Hydrobiosidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>
		<i>Leptoceridae</i>
	<i>Acarina</i>	
	<i>Nematoda</i>	
	<i>Planaria</i>	
	<i>Amphipoda</i>	
		<i>Hydraenidae</i>
	<i>Coleoptera</i>	<i>Limnichidae</i>
		<i>Litrochidae</i>
	<i>Collembola</i>	
	<i>Diptera</i>	<i>Dixidae</i>
		<i>Tipulidae</i>
5	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>
		<i>Corixidae</i>
		<i>Gelastocoridae</i>
		<i>Mesoveliidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>
		<i>Notonectidae</i>
		<i>Saldidae</i>
		<i>Veliidae</i>
	<i>Lepidoptera</i>	<i>Crambidae</i>
		<i>Helicopsychidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>
		<i>Philopotamidae</i>
	<i>Decapoda</i>	
7	<i>Coleoptera</i>	<i>Curculionidae</i>
		<i>Scirtidae</i>

		<i>Staphylinidae</i>
		<i>Dolichopodidae</i>
		<i>Empididae</i>
	<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>
		<i>Stratiomyidae</i>
		<i>Tabanidae</i>
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>
		<i>Leptohyphidae</i>
		<i>Gerridae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>
		<i>Naucoridae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>
	<i>Hirudinea</i>	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Planorbidae</i>
		<i>Dytiscidae</i>
	<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>
	<i>Diptera</i>	<i>Psychodidae</i>
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>
		<i>Belostomatidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Ochteridae</i>
	<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>
		<i>Calopterygidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>
		<i>Libellulidae</i>
8	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>
		<i>Chironomidae</i>
	<i>Gastropoda</i>	<i>Physidae</i>
9	<i>Diptera</i>	<i>Ephydriidae</i>
		<i>Muscidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>
	<i>Oligochaeta</i>	
10	<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>
		<i>Syrphidae</i>

FUENTE: Hilsenhoff (1988) (50)



**ANEXO 8. Clasificación en grupos dietarios de fauna de macroinvertebrados en las quebradas “La Victoria, El Congo y La Damita”.**

Clase	Orden	Familia	Clasificación Trófica	Total	(%)
Insecta	TRICHÓPTERA	Calamoceratidae	FRAGMENTADOR	3	0,08
		Helicopsychidae	COLECTOR	15	0,41
		Hydrobiosidae	DEPREDADOR	13	0,35
		Odontoceridae	FRAGMENTADOR	8	0,22
		Hydropsychidae	FRAGMENTADOR - COLECTOR	1369	37,31
		Hydroptilidae	RASPADOR	2	0,05
		Leptoceridae	COLECTOR	229	6,24
		Philopotamidae	COLECTOR	64	1,74
		Polycentropodidae	DEPREDADOR	1	0,03
		Dryopidae	DESGARRADOR	7	0,19
	COLEÓPTERA	Elmidae	COLECTOR - RASPADOR	579	15,78
		Lutrochidae	DESGARRADOR	2	0,05
		Psephenidae	RASPADOR	64	1,74
		Ptilodactylidae	FRAGMENTADOR	118	3,22
		Staphylinidae	DEPREDADOR	12	0,33
		Baetidae	COLECTOR	109	2,97
	EPHEMERÓPTERA	Leptohyphidae	COLECTOR	88	2,40
		Leptophlebiidae	COLECTOR	409	11,15
		Perlidae	DEPREDADOR	135	3,68
	PLECÓPTERA	Chironomidae	COLECTOR - FILTRADOR	60	1,64
		Tabanidae	DEPREDADOR	11	0,30
	DIPTERA	Tipulidae	FRAGMENTADOR - DESGARRADOR	3	0,08
		Simuliidae	COLECTOR - FILTRADOR	18	0,49
		Gerridae	DEPREDADOR	53	1,44
		Naucoridae	DEPREDADOR	35	0,95
	HEMIPTERA	Veliidae	COLECTOR	60	1,64
		Calopterygidae	DEPREDADOR	7	0,19
		Coenagrionidae	DEPREDADOR	32	0,87
	ODONATA	Gomphidae	DEPREDADOR	20	0,55
		Libellulidae	DEPREDADOR	28	0,76
Polythoridae		DEPREDADOR	22	0,60	
Megaloptera		Corydalidae	DEPREDADOR	82	2,23
Malacostraca		ISOPODA	Porcellio scabar	DEPREDADOR	3
	CRUSTACEA	Pseudothelphusidae	NI	8	0,22
<b>TOTAL</b>				<b>3669</b>	<b>100%</b>

Elaborado: Autora (2015)

**ANEXO 9 Fotografías de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en las quebradas estudiadas.**



**Orden:** Trichóptera  
**Familia:** Hydrobiosidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Coleóptera  
**Familia:** Elmidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Plecóptera  
**Familia:** Perlidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Trichóptera  
**Familia:** Leptoceridae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Odonata  
**Familia:** Polythoridae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Hemíptera  
**Familia:** Naucoridae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Díptera  
**Familia:** Tipulidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Díptera  
**Familia:** Simuliidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Megaloptera  
**Familia:** Corydalidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Odonata  
**Familia:** Libellulidae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Hemíptera  
**Familia:** Gerridae  
**Fuente:** Propia



**Orden:** Ephemeroptera  
**Familia:** Leptohiphidae  
**Fuente:** Propia

**ANEXO 10. Fotografías de las actividades durante el monitoreo.**



Cobertura vegetal quebrada El Congo  
(Intervenido)



Cobertura vegetal quebrada La Victoria (Bosque  
Nativo)



Cobertura vegetal quebrada La Damita  
(Plantaciones)



Equipo de trabajo



Medición de parámetros físicos-químicos



Recolección de los macroinvertebrados en la  
quebrada La Victoria (Bosque Nativo)



Medición de parámetros físicos-químicos



Recolección de los macroinvertebrados en la quebrada El Congo (Intervenido)



Aforando la quebrada la Damita



Recolección de los macroinvertebrados en la quebrada La Damita (Plantaciones)