



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA INGENIERÍA GESTIÓN AMBIENTAL

Tema de la Tesis

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

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Autor:

RONNY EMILIO YONG BENÍTEZ

Directora de Tesis

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

Quevedo – Ecuador

2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **RONNY EMILIO YONG BENÍTEZ**, 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.

F. _____

Ronny Emilio Yong Benítez

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

La suscrita, **Ing. M.Sc. CECILIA CAROLINA TAY-HING CAJAS**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresado, **Ronny Emilio Yong Benítez**, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental de grado titulada “**Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en ríos del Bosque Protector Murocomba, cantón Valencia, Ecuador**”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

F. _____

Ing. M.Sc. CAROLINA TAY-HING CAJAS

DIRECTORA DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

**Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero en Gestión Ambiental**

Aprobado:

Ing. Mariela Díaz Ponce

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Julio Pazmiño Rodríguez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Carlos Sánchez Fonseca

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

AÑO 2015

AGRADECIMIENTO

- *Agradezco a mi dios todo poderoso por todas sus bendiciones y por permitirme cumplir todas mis metas a lo largo de mi vida. Gracias mi padre celestial.*
- *Agradezco a mi madre **OLFA BENITEZ HUACON** por brindarme todo su apoyo incondicional en todo momento hasta en los casos más difíciles de mi vida.*
- *Agradezco a mi abuelito **RIGOBERTO BENÍTEZ MACÍAS** por todos sus consejos y valores que me inculco y por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.*
- *Agradezco a toda mi familia por formar parte de mi vida y estar unidos en todo momento y por apoyarme en mi formación profesional que dios me los bendiga a cada uno de ustedes.*
- *Agradezco de todo corazón a mis compañeros de aula quienes con sus virtudes y defecto supieron brindarme su amistad incondicional son como mi segunda familia.*
- *Mi más sinceros agradecimiento para mis compañeros Oscar, Félix, Luis, Joselyn, Vicky, Karla, Andrea, Walter y a mis respetuosos docentes Carlos Sánchez y Mariela Díaz por su ayuda durante mi investigación.*
- *Agradezco también a la Universidad Técnica Estatal De Quevedo por ser mi segunda casa y a todos mis Docentes quienes durante por más de 5 años de estudio dedicaron todo su potencial tanto académico como profesional.*
- *Un agradecimiento muy especial para mi Directora de Tesis, Ing. Msc. CAROLINA TAY-HING por su tiempo, dedicación y paciencia, por todos sus consejos técnicos y prácticos que fomentaron dentro de mi investigación, que me servirán mucho en mi vida profesional.*

DEDICATORIA

*Quiero dedicar la presente investigación a mi querida abuelita **MANUELA BERNAVELA HUACÓN VILLEGAS (+)** por haber sido el pilar fundamental durante toda mi vida, te agradezco con toda mi vida por haberme inculcado todos los valores éticos y moral gracias por todos tus consejos me servirán como persona y profesional, nunca te olvidare abuelita esto va dedicado a tu memoria.*

CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. HIPÓTESIS	5
CAPITULO II	6
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1.1. Ecosistemas acuáticos	7
2.1.2. Ambientes dulceacuícolas	7
2.1.3. Macroinvertebrados acuáticos	8
2.1.3.1. Biología de los macroinvertebrados acuáticos	8
2.1.3.2. Macroinvertebrados y su uso en Índices Bióticos	9
2.1.4. Biomonitoreo	9
2.1.5. Los Índices Biológicos	10
2.1.5.1. Índice de Calidad del Bosque Riberas (QBR)	10

2.1.5.2. Los índices bióticos	11
2.1.5.2.1. Índice de EPT (%).....	12
2.1.5.2.2. Índice BMWP-Col	12
2.1.5.2.3. Índice Biológico a Nivel de Familias (IBF) - El Salvador.....	12
2.1.6. Gremios Tróficos.....	13
2.1.7. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	13
2.1.7.1. Potencial de hidrógeno (pH)	13
2.1.7.2. Oxígeno disuelto.....	14
2.1.7.3. Conductividad eléctrica.....	14
2.1.7.4. Temperatura (°C) del agua	15
2.1.8. Medición de la diversidad Alfa.....	15
2.1.8.1. Índices de abundancia proporcional	15
2.1.8.2. Índices de dominancia	16
2.1.8.3. Índice de Simpson	16
2.1.8.4. Índices de equidad.....	16
2.1.8.5. Índice de Shannon-Wiener	16
2.1.8.6. Equidad de Pielou.....	17
2.1.9. Medición de la diversidad Beta	17
2.1.9.1. Índices de similitud	17
2.1.9.2. Coeficiente de similitud de Sorensen.....	17
CAPÍTULO III.....	18
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1.1. Ubicación del área de estudio	19
3.1.2. Características Edafo-Climáticas	20
3.1.3. Materiales.....	20
3.1.4. Metodología	21
3.1.4.1. Selección del Área de Muestreo	21

3.1.4.2. Determinación de la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos	22
3.1.4.2.1. Periodo, frecuencia y tiempo de muestreo	22
3.1.4.2.1.1. Índice de Dominancia de Simpson	22
3.1.4.2.1.2. Índice de Shannon – Weaver	23
3.1.4.2.1.3. Índice Equidad de Pielou	24
3.1.4.2.1.4. Índice de Similitud de Sorensen	24
3.1.4.3. Evaluación de la calidad del agua de tres quebradas con diferente cobertura vegetal.....	25
3.1.4.3.1. Medición del caudal	25
3.1.4.3.2. Fórmula para calcular la velocidad del agua.....	25
3.1.4.3.3. Fórmula para calcular la altura media.....	25
3.1.4.3.4. Fórmula para calcular el área transversal	26
3.1.4.3.5. Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de quebrada en estudio.....	26
3.1.4.3.6. Fórmula para calcular el caudal del río	26
3.1.4.4. Clasificación trófica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos	26
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
CAPÍTULO IV	28
4.1. RESULTADOS	29
4.1.1. Identificación Taxonómica de macroinvertebrados acuáticos	29
4.1.2. Variedad y Abundancia de macroinvertebrados recolectados	33
4.1.3. Aplicación de los índices de Shannon - Weaver, Simpson, Pielou, Sorensen.....	39
4.1.3.1. Aplicación del índice de similitud de Sorensen	40
4.1.4. Aplicación del índice de Calidad de Bosque de Rivera “QBR”	41

4.1.5.	Aplicación del índice del BMWP-COL	42
4.1.6.	Aplicación del índice del IBF-SV	44
4.1.7.	Aplicación del índice ETP%	46
4.1.8.	Análisis Físicos-Químicos de las quebradas estudiadas.....	48
4.1.8.1.	Oxígeno Disuelto	48
4.1.8.2.	Temperatura	49
4.1.8.3.	Conductividad Eléctrica	51
4.1.8.4.	Sólidos Totales Disueltos (STD)	52
4.1.8.5.	Potencial de Hidrogeno (pH).....	54
4.1.9.	Medición del caudal.....	55
4.1.10.	Clasificación trófica de insectos acuáticos colectados en las quebradas con diferente cobertura vegetal	57
4.2.	DISCUSIÓN	59
CAPITULO V		64
5.1.	CONCLUSIONES.....	65
5.2.	RECOMENDACIONES	68
CAPITULO VI		70
6.1.	LITERATURA CITADA	71
CAPITULO VII		80
ANEXOS		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales utilizados en la presente investigación	20
Tabla 2. Abundancia acumulativa de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del Bosque Protector Murocomba, Valencia (2015).....	29
Tabla 3. Valores de oxígeno disuelto obtenidos durante los muestreos	48
Tabla 4. Valores de temperatura obtenidos durante los muestreos.....	50
Tabla 5. Valores de Conductividad Eléctrica obtenidos durante las cuatro fechas de muestreos.....	51
Tabla 6. Valores de Sólidos Totales Disuelto obtenidas durante los muestreos.	53
Tabla 7. Valores del Potencial de Hidrogeno obtenidos durante los muestreos.	54
Tabla 8. Valores del caudal de las diferentes quebradas estudiadas	56
Tabla 9. Clasificación en grupos dietarios de los insectos colectados en las quebradas del Bosque Protector Murocomba, Valencia (2015).....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	19
Gráfico 2. Uso de suelo de los puntos de monitoreo	21
Gráfico 3. Abundancia total de macroinvertebrados recolectados por familia .	32
Gráfico 4. Macroinvertebrados recolectados en Punto 1 (Quebrada La Victoria)	34
Gráfico 5. Macroinvertebrados recolectados en Punto 2 (Quebrada El Congo)	36
Gráfico 6. Macroinvertebrados recolectados en Punto 3 (Quebrada La Damita)	38
Gráfico 7. Resultados de la aplicación de los índices Dominancia de Simpson, Diversidad de Shannon, Equidad de Pielou en cada ecosistema	40
Gráfico 8. Resultados del cálculo del Índice de Sorensen de las comparaciones pareadas de la diversidad de especies encontradas en los diferentes ecosistemas.....	40
Gráfico 9. Índice “QBR” aplicado en cada de las quebradas estudiadas	41
Gráfico 10. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido).....	42
Gráfico 11. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque)	43
Gráfico 12. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones)	43
Gráfico 13. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido)	44
Gráfico 14. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque Natural)	45
Gráfico 15. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones)	45
Gráfico 16. Índice EPT% aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido).....	46
Gráfico 17. Índice EPT% aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque Natural)	47
Gráfico 18. Índice EPT% aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones) .	47
Gráfico 19. Concentración de oxígeno disuelto	49
Gráfico 20. Variación de la temperatura	50
Gráfico 21. Variación de la conductividad eléctrica.....	52
Gráfico 22. Variación de los Solidos Totales Disuelto.....	54
Gráfico 23. Variación del Potencial de Hidrogeno.....	55
Gráfico 24. Caudal de las diferentes quebradas El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural), La Damita (Plantaciones).....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Índice de Calidad de bosque de ribera (QBR)	81
Anexo 2. Niveles de calidad del índice QBR.....	84
Anexo 3. Hoja para el cálculo del índice EPT%	85
Anexo 4. Puntaje para las familias identificadas en Colombia.....	86
Anexo 5. Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido BMWP-Col	88
Anexo 6. Puntaje para las familias identificadas en el salvador IBF-SV	88
Anexo 7. Evaluación de la calidad del agua usando el IBF-SV	90
Anexo 8. Valores de concentración de oxígeno disuelto y sus consecuencias en los ecosistemas acuáticos	91
Anexo 9. Valores de conductividad eléctrica de acuerdo al tipo de agua	91
Anexo 10. 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	92
Anexo 11. Macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas del área de estudio	93

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo entre los meses de junio, julio, agosto y octubre, en tres quebradas con diferentes coberturas vegetales (El Congo, La Victoria, La Damita) del Bosque Protector Murocomba, perteneciente al cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Evaluar la influencia de tres tipos de cobertura vegetal ribereña sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica.

La recolección de los macroinvertebrados acuáticos se desarrolló cada 45 días durante cuatro meses utilizando una red tipo “D” Net; los insectos fueron depositados en envases con alcohol al 70 %, para lo cual se utilizaron pinzas entomológicas. Posteriormente, se trasladó las muestras de macroinvertebrados al laboratorio para su análisis; la identificación se realizó con un estereoscopio y claves taxonómicas. Los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, potencial de hidrógeno, fueron medidos *in situ*. Para la evaluación de la cobertura vegetal se utilizó el Índice Calidad de Bosque de Ribera (QBR).

Los órdenes con mayor abundancia fueron las Trichóptera (30,4 %), Coleóptera (26,25 %), Ephemeroptera (13,35 %), Díptera (12,59 %), Plecóptera (10,12 %). En la quebrada “El Congo” el oxígeno disuelto se registró dentro de los límites permisibles, mientras que la quebrada La Victoria y Damita se encontraron fuera de los límites permisibles. Además la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, temperatura, potencial de hidrógeno presentaron valores dentro de los límites permisibles establecidos por las normas (OMS, 1993, EPA, y Acuerdo Ministerial 028). La quebrada El Congo presentó un grado de cobertura vegetal de “Alteración Fuerte, Mala Calidad”, La Victoria determinó un “Bosque de Rivera sin Alteración”, La Damita fluctuó en un “Inicio de Alteración Importante”.

Los índices de Biomonitorio (Índice Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP-COL), el Índice Biológico a Nivel de Familias El Salvador (IBF-SV) y el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT%), presentaron niveles de calidad de agua para cada una de los sitios de muestreo (La Victoria, El Congo y La Damita), “Regular, Buena, Excelente”, “Regular-Pobre, Pobre, Buena, Muy Buena, Excelente” y “Mala, Regular, Buena” respectivamente.

El índices de Dominancia de Simpson registró un valor de 0,8 a 0,9 y su dominancia de 0,1 a 0,2; la diversidad de Shannon presentó un intervalo de 2,2 a 2,3, el índice de equidad de Pielou fluctuó de 0,7 a 0,8, el índice de similitud de Sorensen determinó un rango de 0,71 a 0,76, estos valores se situaron en cada una de las quebradas con diferente cobertura vegetal.

En la clasificación trófica se determinó que el grupo dietario más abundante fueron los depredadores con 8 órdenes y 18 familias con un porcentaje de (19,97 %), seguido de los colectores con 5 órdenes y 14 familias quienes presentaron mayor porcentaje (48,87 %), mientras que los fragmentadores con 3 órdenes y 6 familias con un porcentaje de (26,32 %) de la muestra total recolectada en los sitios de estudio.

SUMMARY

This research was conducted between the months of June, July, August and October, in three streams with different mulches (The Congo, La Victoria, La Damita) Murocomba Protector Forest, part of the canton Valencia province of Los Rios . To evaluate the influence of three types of riparian vegetation cover on communities of aquatic macroinvertebrates and water quality.

Collection of aquatic macroinvertebrates was developed every 45 days for four months using a network type "D" Net; insects were placed in containers with 70% alcohol, for which entomological forceps were used. The samples of macroinvertebrates moved to the laboratory for analysis; identification is performed using a stereoscope and taxonomic keys. The physicochemical parameters: total dissolved oxygen, temperature, conductivity, dissolved solids, potential hydrogen were measured in situ. Quality Index Bosque de Ribera (QBR) was used for the evaluation of plant cover.

The orders were more abundant Caddis (30.4%), Coleóptera (26.25%), Ephemeróptera (13.35%), Díptera (12.59%), and Plecóptera (10.12%). In the ravine "Congo" dissolved oxygen was recorded within permissible limits while Quebrada La Victoria and Damita found outside the permissible limits. Besides electricity, total dissolved solids conductivity, temperature, hydrogen potential presented values within permissible limits set by the (WHO, 1993, EPA, and Ministerial Agreement 028) standards. Broken Congo introduced a degree of plant coverage "Strong alteration, poor quality" Victoria determined a "Forest undisturbed Rivera" La Damita fluctuated in a "Home Alteration Important".

Biomonitoring indices (index Biological Monitoring Working Party of Colombia (BMWP-COL), the Biological Index Level Family El Salvador (IBF-SV) and the percentage of Ephemeróptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT%) had levels of quality of water for each of the sampling sites (La Victoria and La Damita Congo), "fair, good, excellent", "Regular-Poor, Poor, Good, Very Good, Good" and "Poor, Fair, Good "respectively.

The Simpson dominance index recorded a value of 0.8 to 0.9 and its dominance 0.1 to 0.2; Shannon diversity presented a range of 2.2 to 2.3, the equity of Pielou index ranged from 0.7 to 0.8, the Sorensen similarity index found a range from 0.71 to 0.76 these values were placed in each of the streams with different vegetation cover.

In the trophic classification it was determined that the most abundant predators diet group were 8 orders and 18 families with a percentage of (19.97%), followed by the collectors with 5 orders and 14 families who had a higher percentage (48.87 %), while the shredder 3 orders and 6 families with a percentage (26.32%) of the total sample collected in the study sites.

(DUBLIN CORE) ESQUEMA DE CODIFICACIÓN		
1.	Título/Title	Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en ríos del Bosque Protector Murocomba, Cantón Valencia, Ecuador.
2.	Creador/ Creator	Yong, R.; Universidad Técnica Estatal de Quevedo
3.	Materia/ Subject	Ciencias Ambientales.
4.	Descripción/ Description	La presente investigación se desarrolló en el Bosque Protector Murocomba, cantón Valencia, Ecuador. Se establecieron tres puntos de muestreo con diferente cobertura vegetal, El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural), La Damita (Plantaciones), para la evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos. Con los resultados que se registraron en las tres quebradas estudiadas, se determinó la calidad del agua que fluctuó en un rango de “Excelente, Muy Buena, Buena, Regular, Mala”.
5.	Editor/ Publisher	FCAMB; Carrera de Gestión Ambiental; Yong, R.
6.	Colaborador/Contributor	ING. CAROLINA TAY-HING
7.	Fecha/Date	08/05/2015
8.	Tipo/Type	Tesis de grado; Artículo
9.	Formato/ Format	docx. MS Word 2013; .pdf.
10.	Identificador/ Identifier	http://biblioteca.uteq.edu.ec
11.	Fuente/ Source	Investigación ambiental. Bioindicadores de la calidad del agua (2015)
12.	Lenguaje/ Language	Español
13.	Relación/ Relation	Ninguno
14.	Cobertura/ Coverage	Localización especial electromagnética
15.	Derechos/ Rights	Ninguno
16.	Audiencia/ Audience	Tesis de Pregrado/Bachelor Thesis

CAPITULO I
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El término macroinvertebrados acuáticos se emplea como una abstracción que incluye a aquellos animales invertebrados acuáticos que por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla entre 250- 300 μm . La gran mayoría corresponden a grupos de artrópodos y dentro de estos, los insectos, en especial sus formas larvarias las cuales son las más abundantes (Tercedor, 1996).

El uso de macroinvertebrados acuáticos constituye una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, siendo necesario, para un adecuado control y conservación de un ecosistema. La composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos que habitan en los ambientes de los ríos se ve afectado por la contaminación causada por el hombre (Roldán, 1992).

Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad del agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat (Roldán, 1992).

Los métodos de evaluación de la calidad de las aguas basados en macroinvertebrados acuáticos ofrecen múltiples ventajas tales como: simplicidad metodológica, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general (Alba y Sánchez, 1988).

Los macroinvertebrados que habitan en los cursos de agua evalúan la calidad de la misma debido a que presentan adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales, y presentan límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas (Alba y Sánchez, 1988).

Thompson & Townsend (2003) y Quinn *et al.* (2004) han documentado que sistemas con plantaciones forestales y bosque nativo pueden estar asociados a comunidades acuáticas similares que varían principalmente en abundancia y biomasa de macroinvertebrados. Al respecto, hay muy pocos estudios conocidos para Sudamérica. Cheshire *et al.* (2005) discuten que en zonas tropicales esto puede ser muy distinto, puesto que las altas temperaturas son determinantes en el aporte constante de hojas. En Chile, Guevara–Cardona *et al.* (2006), compararon la composición taxonómica y la biomasa de macroinvertebrados acuáticos, observando sólo en la segunda diferencias entre los escenarios estudiados.

En el Ecuador existe poca información relacionada a índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para el estudio de fauna bentónica (Jacobsen *et al.*, 1997; Jacobsen, 1998; Ríos, 2004; Prat, 1999). Además, los macroinvertebrados acuáticos no son empleados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos. Algunos estudios han sido realizados localmente en este ámbito, en su mayoría realizados en regiones altas (> 2000 m), siendo muy pocos los estudios para tierras bajas (Domínguez-Granda *et al.*, 2005). Para la zona de estudio se realizó una caracterización de macroinvertebrados en cuerpos hídricos con altos niveles de intervención antrópica.

El Bosque Protector Murocomba es un área protegida que cuenta con gran diversidad de especies de flora y fauna silvestre, la cobertura vegetal del área representa una 20% de bosque primario, un 30% de bosque secundario y un 50% suelo dedicado a sistemas silvo pastoriles y agroforestales. En la presente investigación se enfoca en evaluar la calidad del agua, mediante la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica de las quebradas El Congo (cobertura vegetal ribereña de pastizales, cultivos y rastrojos), La Victoria (cobertura vegetal ribereña con bosque natural bien conservado), y La Damita (cobertura vegetal ribereña con plantaciones forestales). Este tipo de estudio brinda la posibilidad de incrementar el conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferentes coberturas vegetales en su ribera.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. 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, cantón Valencia, Ecuador.

1.2.2. 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 del Bosque de Riberas, EPT (%), 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.

1.3. HIPÓTESIS

Ho. Quebradas con mayor cobertura boscosa en sus márgenes no presentan mejor calidad hídrica, ni mayor diversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos que quebradas con márgenes de ribera con coberturas de plantaciones forestales, o con márgenes de ribera con coberturas de pastizales, cultivos y rastrojos.

Hi. Quebradas con mayor cobertura boscosa en sus márgenes presentan mejor calidad hídrica y mayor diversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos que quebradas con márgenes de ribera con coberturas de plantaciones forestales, o con márgenes de ribera con coberturas de pastizales, cultivos y rastrojos.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Ecosistemas acuáticos

Por definición, un ecosistema es la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente. Los ecosistemas acuáticos están influenciados por dos grandes grupos de factores, bióticos y abióticos. Los primeros se refieren a todas las interacciones entre los diferentes organismos del ecosistema, entradas, flujos de energía y zonas de ribera. Los factores abióticos se refieren a los factores físicos-químicos y biogeográficos que influyen en el medio en el cual se desenvuelven los organismos acuáticos (Fernández, 2011).

Los ecosistemas acuáticos son los que se desarrollan en el agua; y los cuales pueden ser de dos tipos: marinos, si se presentan en las aguas oceánicas, y dulceacuícolas si pertenecen a las aguas continentales; es decir, las que son de agua dulce y se encuentran dentro de los continentes, como arroyos, ríos o lagos. Como en cualquier otro ecosistema, la vida de los organismos acuáticos depende del intercambio de materia y energía que se presente entre ellos, de los materiales disueltos en el agua y de la temperatura de la misma (Fernández, 2011).

2.1.2. Ambientes dulceacuícolas

En términos muy generales se distingue entre las aguas con corriente (ambientes loticos) versus las aguas sin corriente (ambientes lenticos). La primera categoría incluye ríos y quebradas mientras que la segunda incluye lagos, lagunas, pantanos y el agua que se acumula en varios tipos de recipientes, desde una bromelia hasta una lata vacía. Se debe notar que puede haber sitios sin corrientes (pozas) en los ríos y por otro lado un lago puede tener olas generadas por el viento. También se distingue entre cuerpos de agua oligotróficos, con pocos nutrientes y baja productividad primaria, versus eutróficos, con muchos nutrientes y una alta productividad primaria (mucho

crecimiento de algas) que a menudo genera niveles bajos de oxígeno durante la noche (Hanson *et al.*, 2010).

Los ambientes lenticos poseen en general menos diversidad de micro hábitats que los ambientes loticos. La orilla de una laguna, la zona litoral, tiene aguas someras con plantas creciendo en el fondo y a menudo ésta es la única zona que existe en un pantano. Por lo general, la zona litoral contiene el mayor número de especies de macroinvertebrados en los ambientes lenticos. En el área de aguas abiertas podemos distinguir entre las aguas superficiales, donde penetran la luz (zona limnética), versus aguas profundas, donde no penetra la luz (zona profunda), (Hanson *et al.*, 2010).

2.1.3. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas (Carrera y Fierro, 2001).

2.1.3.1. Biología de los macroinvertebrados acuáticos

Los grupos de macroinvertebrados que habitan en agua dulce muestran una gran variedad de adaptaciones, incluyendo importantes diferencias en sus ciclos de vida. Algunos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua. Ejemplos incluyen chinches (Hemíptera), la mayoría de los escarabajos (Coleóptera; aunque la pupa es generalmente terrestre), crustáceos, moluscos, sanguijuelas y planarias. Por otro lado, los órdenes de insectos Ephemeroptera, Odonata, Plecóptera, Megalóptera, Trichóptera, Lepidóptera y Díptera tienen adultos terrestres. En muy pocos grupos, como Dryopidae (Coleóptera) y Nematomorpha, solo los adultos son acuáticos (Hanson *et al.*, 2010).

El tiempo de desarrollo es altamente variable, dependiendo de la especie y de factores ambientales, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, y puede variar desde pocas semanas hasta varios años. Algunos grupos realizan migraciones a lo largo de los ríos, e incluso entre los ambientes de agua dulce y de mar. Por ejemplo, algunas especies de crustáceos decápodos necesitan del ambiente marino para el desarrollo del estadio larval y migran nuevamente hacia los ríos como juveniles (Hanson *et al.*, 2010).

2.1.3.2. Macroinvertebrados y su uso en Índices Bióticos

Para estimar cambios a niveles morfológicos, fisiológicos o de desarrollo de estos organismos, que puedan indicar que las condiciones físicas y/o químicas están fuera de sus límites del nicho ecológico realizado (biorremediación), es necesario implementar índices ecológicos-bióticos de tolerancia (Alba-Tercedor, 1996).

En un principio se desarrollaron índices bióticos en los cuales era necesario una identificación taxonómica de los macroinvertebrados hasta el nivel de género o especie (Roldán, 2003). Con una estimación cuantitativa de sus abundancias de acuerdo con Alonso & Camargo (2005), pero se ha comprobado que los índices más prácticos (por su facilidad de obtención) son aquellos en los que sólo son necesarios datos cualitativos (presencia o ausencia) y una identificación taxonómica hasta el nivel de familia. Igualmente un muestreo exclusivo puede garantizar la colecta de las taxas presentes en el sitio de estudio y dar mayor confiabilidad al índice empleado (Alba-Tercedor, 1996).

2.1.4. Biomonitoreo

Según Mafla (2005), el monitoreo biológico permite analizar los cambios en la salud del río o quebrada. Entre más datos acumulados, se pueden entender mejor los cambios. El monitoreo de un río consiste en establecer los cambios ocurridos mediante observaciones, estudios y posteriores registros del agua, los animales (macroinvertebrados, peces) y la zona ribereña que lo rodea.

Así, podemos describir sus enfermedades y sugerir la forma de ayudarle a sanar más rápido. Un río o quebrada que se conserve naturalmente y de una u otra forma sufra un deterioro, se recuperará sólo si se evita el problema que lo afecta.

2.1.5. Los Índices Biológicos

Los índices biológicos se basan en la utilización de organismos que viven o pasan gran parte de su vida en el agua. Esta permanencia estable en el medio acuático les permite una mayor representatividad a lo largo del tiempo. Mientras un análisis fisicoquímico únicamente muestra la calidad del agua correspondiente al momento de la toma de muestra, la presencia o ausencia de un organismo concreto indica la situación de aquel tramo del río en un período de tiempo muchísimo más prolongado e integra a muchas más sustancias (Richan, 2003).

De acuerdo con esta realidad los índices de diversidad se basan en el número total de especies y organismos que forman la población o biocenosis del sistema hídrico. Entre los más utilizados están los de Shannon (1948), Margalef (1951), Mehinck (1964) y McIntosh (1967). Este tipo de índice requieren un gran esfuerzo que no siempre es compensado con la información obtenida, lo que reduce su aplicación sistemática (Richan, 2003).

2.1.5.1. Índice de Calidad del Bosque Riberas (QBR)

Según Suárez *et al.* (2002), el índice de Calidad del Bosque de Ribera por sus siglas en inglés (QBR) es de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas.

Con el fin de conocer el estado ecológico de la flora acuática se han elaborado diferentes índices, uno de ellos el QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera), elaborado por el grupo de trabajo de Bentos de Río del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona (1998), (Richan, 2003).

Este índice, es sencillo y práctico, se basa en la cuantificación de la calidad ribereña fundamentada en 4 bloques con el mismo peso en el resultado final. Se trata de complementar de acuerdo con lo observado en la totalidad de la zona estudiada, en un tramo de aproximación de 100 m, puntuando con los valores 0, 5, 10, 25, positivos o negativos, según las características especificadas. El resultado final de cada bloque no podrá ser superior a 25 (o inferior a -25); si esto ocurre no se contabiliza el bloque, (ver anexo 1). La suma de los valores obtenidos en los cuatro bloques de la puntuación final, que oscila entre 0 y 100, siendo 0 un estado deficiente y 100 un estado muy bueno (Richan, 2003).

Hay que señalar que este índice ha sido diseñado para cuencas del entorno mediterráneo, tomando como base las de los ríos Besós, Llobregat y Foix. Para otros escenarios de características diferentes debe ser adaptado, como todo los índices, a las condiciones tipológicas del sistema que se quiera estudiar, utilizando las zonas no alteradas como referencia (Richan, 2003).

2.1.5.2. Los índices bióticos

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y o región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permite la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para los grupos de macroinvertebrados de una muestra se les asignan un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todo estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema (Miliarium, 2004).

2.1.5.2.1. Índice de EPT (%)

Carrera y Fierro (2001) afirman que este grupo catalogado como bioindicadores de buena calidad, contempla principalmente a las poblaciones de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera, los que se les considera de la Clase I como indicadores de aguas limpias, la aplicación de este índice fue implementado porque trata de simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sensibilidad y presencia o ausencia de estos grupos (ver anexo 2).

2.1.5.2.2. Índice BMWP-Col

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia (Alba - Tercedor *et al.*, 1978; Alba – Tercedor, 1996; Pino, 2003; Armitage *et al.*, 1983).

2.1.5.2.3. Índice Biológico a Nivel de Familias (IBF) - El Salvador

El IBF considera la diversidad de taxas como indicadores (familias) y la abundancia de cada una de ellas. Figueroa *et al.* (2003) afirma que entre las ventajas de utilizarlo están su bajo costo, es fácil de entender, posee alta sensibilidad a la calidad de agua y además el resultado que entrega es confiable ya que por medio de un cálculo matemático (fórmula) se obtienen los datos necesarios para poder clasificar las características ambientales.

2.1.6. Gremios Tróficos

Las relaciones tróficas son un elemento importante en la estructura de las comunidades de insectos acuáticos porque son determinantes en todos los aspectos de la vida de los invertebrados (ciclos de vida, elección de hábitat, comportamiento, predación) y en procesos ecológicos como la circulación de nutrientes. Por esta razón la ecología trófica de la entomofauna acuática ha sido ampliamente trabajada en quebradas de la zona templada. Sin embargo, existen pocos estudios ecológicos sobre insectos acuáticos en ecosistemas tropicales y por lo general, determinan los gremios tróficos de las taxas basados en clasificaciones desarrolladas para zonas templadas, como de Merritt y Cummins. Se ha comprobado en diferentes investigaciones que esta aproximación puede ser inexacta, puesto que las taxas clasificadas en un grupo trófico determinado en ecosistemas templados, no necesariamente presentan los mismos hábitos dietarios en el trópico (Chará-Serna, 2011).

2.1.7. Parámetros fisicoquímicos del agua

Según Leiva (2004) las principales desventajas que determinar la calidad del agua mediante el uso de métodos fisicoquímicos radica en parte en el costo elevado, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria. Mientras que (Roldan, 1988) manifiesta que los parámetros a los cuales los organismos muestran más sensibilidad son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

2.1.7.1. Potencial de hidrógeno (pH)

La acidificación de los ríos afecta primero a las especies ácido-sensitivas, pero cuando el pH cae por debajo de 5 más especies son afectadas. La alcalinidad de los ríos contrarresta la acidificación se ha conocido con limitado éxito, las especies ácido-sensitivas son observadas de vez en cuando pero sin persistir (Ver anexo 10), (Allan y Castillo, 2007).

La biota de un cuerpo de agua puede ser influenciada directamente por cortos o sostenidos periodos de acidificación o indirectamente por alteraciones en las proporciones de organismos ácido-sensitivos y ácido-tolerantes en diferentes niveles tróficos (Corbet, 1999).

2.1.7.2. Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno libre en el agua que no se encuentra combinado ni con el hidrógeno (formando agua) ni con los sólidos existentes en el agua. La determinación de oxígeno disuelto es importante en el control de aireación y el tratamiento de aguas y se mide en mg/L, en p.p.m. o bien, p.p.b. y en % de saturación (Sierra, 2011).

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro crítico para caracterizar la salud de un sistema acuático. Esta es una medida del oxígeno disuelto en el agua el cual es aprovechable para los peces y otros organismos acuáticos. El contenido de OD resulta de las actividades fotosintéticas y respiratorias de la flora y fauna en el sistema, y la mezcla de oxígeno atmosférico con aguas a través del viento y la acción de la corriente del arroyo (Ver anexo 8 y 10), (Moun y Moulton, 1991).

2.1.7.3. Conductividad eléctrica

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (Ver anexo 9), (Vernon, 1985).

2.1.7.4. Temperatura (°C) del agua

Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua: su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, la maduración y la reproducción (Ver anexo 10), (Jill *et al.*, 2003).

2.1.8. Medición de la diversidad Alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos: 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad (Huston, 1994).

2.1.8.1. Índices de abundancia proporcional

Según Peet (1974), clasificó estos índices de abundancia en índices de equidad, aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.

2.1.8.2. Índices de dominancia

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Lande, 1996).

2.1.8.3. Índice de Simpson

P_i = abundancia proporcional de la especie (i), es decir, el número de individuos de la especie (i) dividido entre el número total de individuos de la muestra. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

2.1.8.4. Índices de equidad

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad, por lo que se describen en esta sección. Al respecto se pueden encontrar discusiones profundas en (Peet, 1975; Camargo, 1995; Smith *et al.*, 1996; Hill, 1997).

2.1.8.5. Índice de Shannon-Wiener

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 (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

2.1.8.6. 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 (Magurran, 1988).

2.1.9. Medición de la diversidad Beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson *et al.*, 1984).

2.1.9.1. Índices de similitud

Expresan el grado de dos muestras semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988; Baev *et al.*, 1995; Pielou, 1975). Este índice pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Baev *et al.*, 1995).

2.1.9.2. Coeficiente de similitud de Sorensen

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en el Bosque Protector Murocomba del cantón Valencia provincia de Los Ríos, en tres quebradas con diferente cobertura vegetal, con la siguiente ubicación geográfica y altura:

- El Congo (intervenido), con 0° 37' 32.9" de Latitud Sur y 79° 9' 7.7" de Longitud Oeste, a una altura de 533 msnm.
- La Victoria (bosque natural), con 0° 38' 18.1" de Latitud Sur y 79° 8' 53.7" de Longitud Oeste, cuenta con una altura de 613 msnm.
- La Damita (plantaciones forestales), con 0° 38' 38.2" de Latitud Sur y 79° 10' 46.7" de Longitud Oeste, a una altura de 415 msnm.

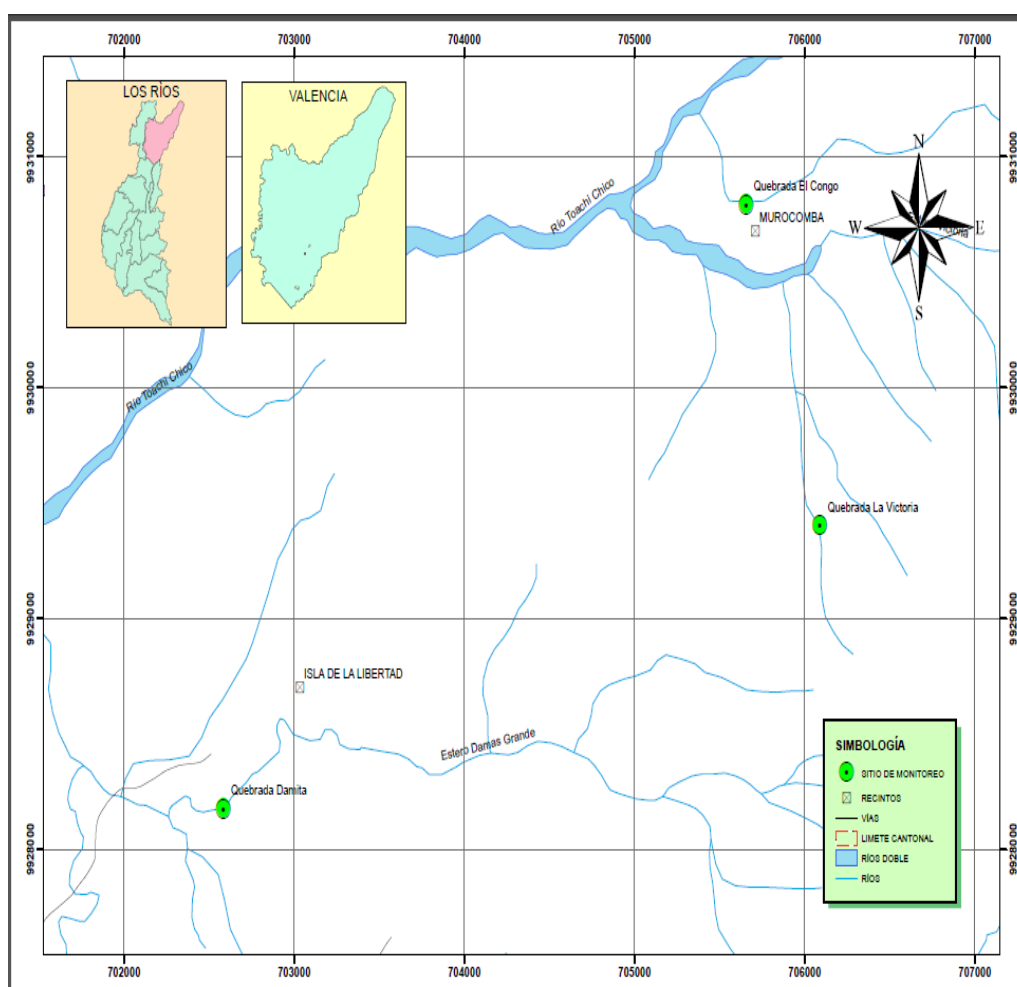


Gráfico 1. Ubicación de los puntos de monitoreo

Elaborado por: Autor, en base a cartas del IGM

3.1.2. Características Edafo-Climáticas

El área de estudio cuenta con una extensión aproximada de 500 ha, se encuentra a una altitud entre 800 – 1000 msnm y está situado a 79°6'48" de longitud oeste y 0° 36'39" de latitud sur. La temperatura promedio anual es de 24°C, la precipitación media anual es de 2700 mm y la humedad relativa anual 86 por ciento.

La topografía es irregular con alta pendiente y el suelo posee un pH ácido (6,5 – 7). El bosque presenta vegetación arbórea y arbustiva con quebradas pequeñas, poco profundas que tienen abundante agua en la época lluviosa.

3.1.3. Materiales

Tabla 1. Materiales utilizados en la presente investigación

Tabla 2. Materiales utilizados en la presente investigación		
Campo	Oficina	Laboratorio
• Envases plásticos rotulados	• Ordenador de escritorio	• Cajas Petri
• Red D-net	• Hojas A4	• Estereoscopio
• Bandeja de plástico	• Impresora hp	• Claves Taxonómicas de Roldan, Fernández y Domínguez
• Cinta adhesiva	• Pendrive	• Pinzas entomológicas
• Flexómetro	• Bolígrafos	• Alcohol al 70 %
• Cámara fotográfica	• Libreta de campo	• Potenciómetro
• Botas	• Mochila	• Conductímetro
• Cronómetro	• Ordenador de escritorio	• Termómetro
• GPS	• Hojas A4	
• Flotador		

3.1.4. Metodología

3.1.4.1. Selección del Área de Muestreo

Para realizar el monitoreo de los macroinvertebrados se establecieron los puntos de muestreo en los cauces de las quebradas: El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural) y La Damita (Plantaciones) del Bosque Protector Murocomba del cantón Valencia, Ecuador (ver gráfico 2).

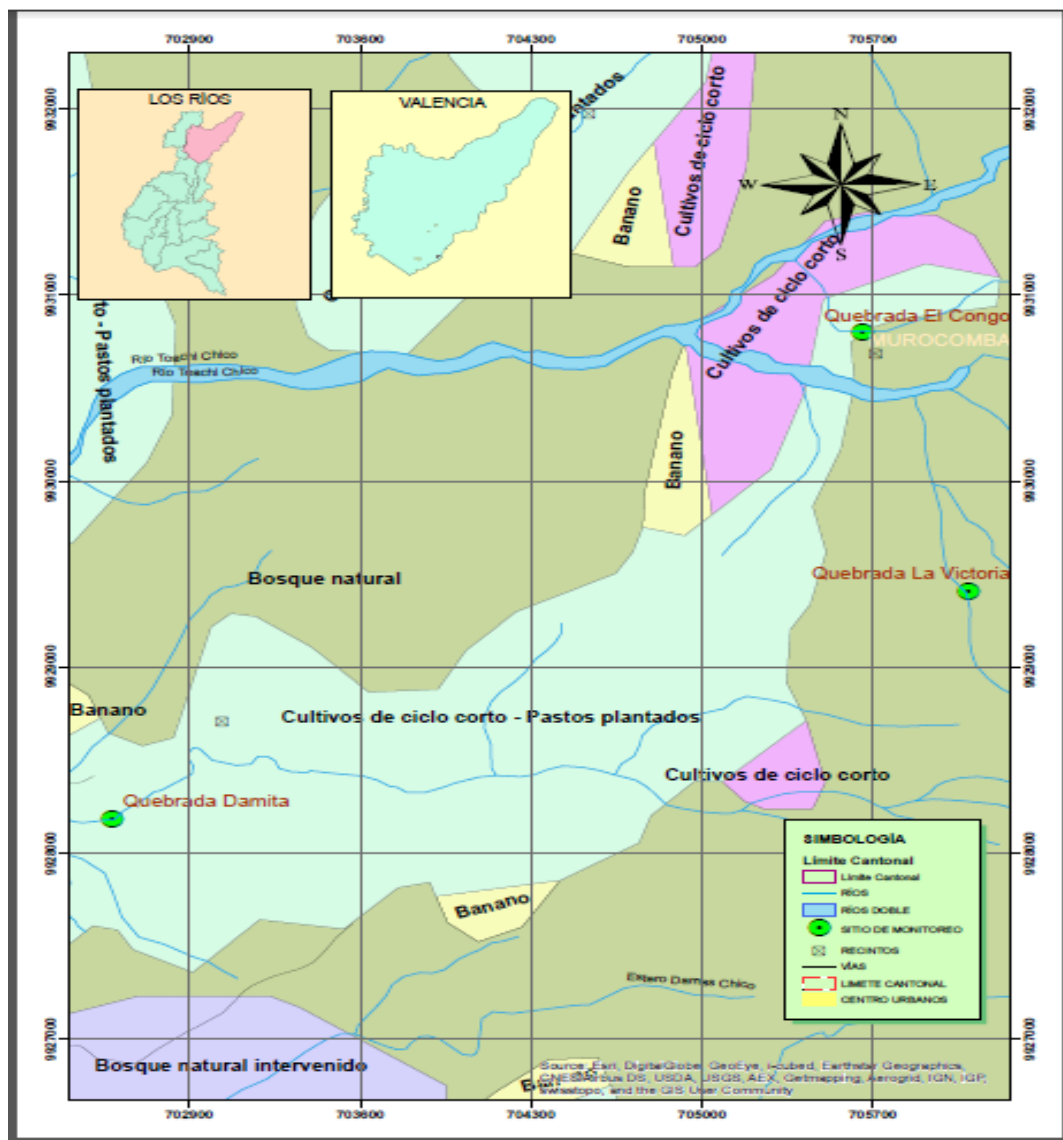


Gráfico 2. Uso de suelo de los puntos de monitoreo

Elaborado por: Autor, en base a cartas del IGM, (2015)

3.1.4.2. Determinación de la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos

3.1.4.2.1. Periodo, frecuencia y tiempo de muestreo

Para la recolección de las muestras de macroinvertebrados se empleó la “Red D-net” la cual según Carrera y Fierro (2001), se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar, y poseen cualquier tipo de sustrato: fango, hojas, troncos, piedras, etc. En el caso de las piedras, se recolectaron todos los macroinvertebrados acuáticos observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de hojarasca y el sedimento se removió *in situ* en el cauce de las quebradas. Las muestras fueron recolectadas en una extensión de 100 metros longitudinales en los cauces de muestreo haciendo 20 arrastres con la Red D-net, las cuales se depositaron en recipientes etiquetados con alcohol al 70%. Se realizaron cuatro muestreos durante los meses de junio, julio, agosto y octubre, con una frecuencia de 45 días. La identificación taxonómica de familias de los macroinvertebrados acuáticos se realizó con la ayuda de un estereoscopio y claves taxonómicas, en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Los índices de diversidad, dominancia de Simpson, Shannon – Weaver, equidad de Pielou y similitud de Sorensen, fueron calculados mediante el programa Past Statistics versión 2.17 Harper (1999-2012).

3.1.4.2.1.1. Índice de Dominancia de Simpson

El índice de dominancia de Simpson determina la abundancia de las especies más comunes, los valores se dan en una escala de 0 a 1; siendo mayor cuando se aproxima a uno y menor al acercarse a cero, lo que indicaría mayor dominancia cuando se acerca a 1 y menor diversidad cuando se acerca a 0 su (Pino *et al.*, 2003).

Ecuación:

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

Dónde:

D_i = Dominancia del índice

n_i = Es el número de individuos de una especie y

N = Es el número total de individuos

3.1.4.2.1.2. Índice de Shannon – Weaver

Es la medida del grado de incertidumbre que existe para predecir la especie a la cual pertenece un individuo extraído aleatoriamente de la comunidad. Para un número dado de especies e individuos, la función tendrá un valor mínimo cuando todos los individuos pertenecen a una misma especie y un valor máximo cuando todas las especies tengan la misma cantidad de individuos, los valores que se obtiene con este índice generalmente están entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa los 4.5. Para establecer los resultados en una escala de valores de 0 a 1, se recurre al Índice de Equitatividad de Pielou (Pino *et al.*, 2003).

Ecuación:

$$H' = \sum_{i=1}^K p_i \log p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

K = Es el número de categorías,

p_i = Es la proporción de observaciones en cada categoría

n_i = Es el número de individuos por especie

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

3.1.4.2.1.3. Índice Equidad de Pielou

Se refiere al grado de homogeneidad en la distribución de la abundancia entre las familias, en las diferentes estaciones de muestreo, su valor va de 0 a 1 (Iannacone *et al.*, 2003).

Ecuación:

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

Dónde:

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

H' = Índice de Shannon

3.1.4.2.1.4. Índice de Similitud de Sorensen

El cual está basada 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 (Silva *et al.*, 2007).

Ecuación:

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

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

3.1.4.3. Evaluación de la calidad del agua de tres quebradas con diferente cobertura vegetal

Una vez identificadas las familias se calculó el índice BMWP-Col, (IBF) - El Salvador, Índice de EPT (%), para cada una de las estaciones de muestreo, de manera complementaria se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos, temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/dm³), pH, conductividad eléctrica (μS/cm), sólidos totales disueltos y medición del caudal. Además se utilizó el Índice de Calidad del Bosque de Ribera para evaluar la cobertura vegetal en las riberas de los sitios: “El Congo (Intervenido)”, “La Victoria (Bosque Natural)” y “La Damita (Plantaciones)” (ver anexo 1).

3.1.4.3.1. Medición del caudal

Para la medición de los caudales se empleó el “método del flotador”, el cual, según Aguirre (2011), consiste en lanzar un objeto flotante al agua, cronometrar la distancia que recorre, luego medir la profundidad promedio y calcular el área transversal.

Con los datos que se obtuvieron se calculó el caudal de las quebradas El Congo, La Victoria, La Damita del bosque protector Murocomba. A continuación se describen las siguientes fórmulas que se utilizó:

3.1.4.3.2. Fórmula para calcular la velocidad del agua

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

3.1.4.3.3. Fórmula para calcular la altura media

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

Dónde:

Hm= altura media

N= número de datos

3.1.4.3.4. Fórmula para calcular el área transversal

$$A_T = \text{Ancho}(m) * \text{Profundidad promedio}(m)$$

3.1.4.3.5. Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de quebrada en estudio

TIPO DE CANAL O QUEBRADA	FACTOR(K)
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.	0,5 a 0,25

Fuente: Ramírez (2004).

3.1.4.3.6. Fórmula para calcular el caudal del río

$$\text{Caudal}(m/s) = K * \text{Velocidad}(m/s) * \text{Area}(m^2)$$

3.1.4.4. Clasificación trófica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos

Los insectos colectados en el muestreo fueron asignados a grupos tróficos con base en la clasificación propuesta por Chara-Serna *et al.* (2011), con esta información se realizaron análisis cuantitativo de la distribución porcentual de los diferentes gremios tróficos encontrados.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación utilizado fue descriptiva; la investigación descriptiva se guía por las preguntas de investigación que se formula el investigador; cuando se plantean hipótesis en los estudios, estas se formulan a nivel descriptivo y se prueban dichas hipótesis, se soporta principalmente en técnicas como la encuesta, la entrevista, la observación y la revisión documental (Bernal, 2006).

Hurtado y Toro (2001), dicen que la investigación cuantitativa tiene una concepción lineal, es decir que haya claridad entre los elementos que conforman el problema, que tenga definición, limitarlos y saber con exactitud donde se inicia el problema, también es importante saber qué tipo de incidencia existe entre sus elementos.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo no experimental ya que los organismos fueron observados en su estado natural, los puntos de muestreo se seleccionaron al azar.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de este estudio estuvo constituido por siete quebradas, de los cuales se eligieron tres quebradas representativas de los ecosistemas “El Congo” (Intervenido); “La Victoria” (Bosque Natural); “La Damita” (Plantaciones).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Identificación Taxonómica de macroinvertebrados acuáticos

La tabla 2 muestra la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos a nivel de clase, orden y familia, identificado en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), y La Damita (Plantaciones).

Tabla 2. Abundancia acumulativa de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del Bosque Protector Murocomba, Valencia (2015)

Clase	Orden	Familia	Puntos de muestreos													
			La Victoria (Bosque Natural)				El Congo (Intervenido)				La Damita (Plantaciones)				total	(%)
			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4		
Insecta	TRICHÓPTERA	Leptoceridae		48	44	37	1					20	4		154	5,28
		Helicopsychidae		1	4	1			4	2					12	0,41
		Calamoceratidae		9		4	1								14	0,48
		Hydropsychidae	11	46	75	35	33	54	113	12	6	127	51	69	632	21,7
		Hydrobiosidae		1	1			1	5			15	6	2	31	1,06
		Glossosomatidae		1				3							4	0,14
		Odontoceridae							2				1		3	0,10
		Polycentropodidae							1				1		2	0,07
		Hydroptilidae											3		3	0,10
		philopotamidae				2						17	6	6	31	1,06
	COLEÓPTERA	Ptilodactylidae	33	13	18	7	7	1	3		4	10		1	97	3,33
		Elmidae	12	25	109	19	11	5	31	14	51	138	42	43	500	17,2
		Limnychidae								1	1				2	0,07
		Lutrochidae	1		1				2		1		2		7	0,24
		Hydrophilidae		27	0	1		2	3			16	3	5	57	1,96
		Dryopidae		4							5	2	3		14	0,48
		Staphylinidae		9	4	1			1		1		1		17	0,58
		scirtidae									1				1	0,03
		Psephenidae			15	2	5	1	17	4		7		3	54	1,85
		hydrochidae			3								13		16	0,55
	EPHEMERÓPTERA	Leptophlebiidae	4	3	27	10	16	9	44	19	2	16	14	8	172	5,90
		Baetidae		4	2			14	9	3	11	7	10	11	71	2,44
		Oligoneuriidae					9								9	0,31

		Leptohyphidae		1	4	6		2	36	30		6	6	46	137	4,70
	PLECÓPTERA	Perlidae	8	27	44	20	25	8	9	1	13	87	34	19	295	10,1
	HEMÍPTERA	Gerridae	18	1	4		2			6		1			32	1,10
		Naucoridae		2	2	4	5	1	14		4	3		1	36	1,24
		Hebridae							1						1	0,03
		Hidrometridae							1		5				6	0,21
		veliidae			2				3				3		8	0,27
	MEGALÓPTERA	corydalidae	1		1	1	4	1	9	1	1	20	3	1	43	1,48
	ODONATA	Polythoridae		4	6	1									11	0,38
		Calopterygidae		3	2	1									6	0,21
		Coenagrionidae		1	5	2			6				2	1	17	0,58
		Libellulidae		1		1		1	2	3		6	2	1	17	0,58
	BLATTAREA	Nifa de cucarahca	2	7	5	1	4				1				20	0,69
	LEPIDÓPTERA	Crambidae										6		1	7	0,24
	DÍPTERA	Muscidae	1									1			2	0,07
		Tipulidae		7	1	1			10		1				20	0,69
		Chironomidae		2		1	3	15	25	17	17	45	34	15	174	5,97
		Ceratopogonidae		1											1	0,03
		Thaumaleidae			1										1	0,03
		Simuliidae					11	25	16	4	24	73	2	3	158	5,42
		Blepharoceridae						1							1	0,03
		Dixidae							1			3			4	0,14
		Sarcophagidae										1			1	0,03
		Dolichopididae				2						1			3	0,10
		Empididae											1		1	0,03
		Stratiomyidae												1	1	0,03
Malacostraca	ISOPODA	Porcellio scabar	2	2											4	0,14
	CRUSTACEA	Pseudothelphusidae		2			1								3	0,10
Gastropoda	MOLLUSCA	Fisoide								1					1	0,03

Elaborado por: Autor

La tabla 2 muestra que los órdenes más representativos fueron los Trichóptera con el 30,4 %, seguido del orden Coleóptera con 26,5 %, mientras que los órdenes con menor abundancia fueron las Ephemeroptera que presentaron 13,35 %, además los órdenes Díptera y Plecóptera registraron el 12,6 % y 10,1 % de la muestra total recolectada en los sitios de estudios.

El gráfico 3 muestra la abundancia acumulada de macroinvertebrados acuáticos recolectados en los tres sitios con un total de 2914 individuos representados en 13 órdenes y 52 familias, La familia Hidropsychidae del orden Trichóptera fue la más representativa con 632 individuos, seguido de la familia Elmidae del orden Coleóptera con 500 individuos y la familia Perlidae del orden Plecóptera con 295 individuos. Los macroinvertebrados con menor diversidad fueron los individuos del orden Ephemeroptera de la familia Leptophlebiidae con 174 individuos, seguido del orden Díptera de las familias Chironomidae y Simuliidae con 174 y 158 individuos respectivamente, mientras que las demás familias presentaron menor número de taxones.

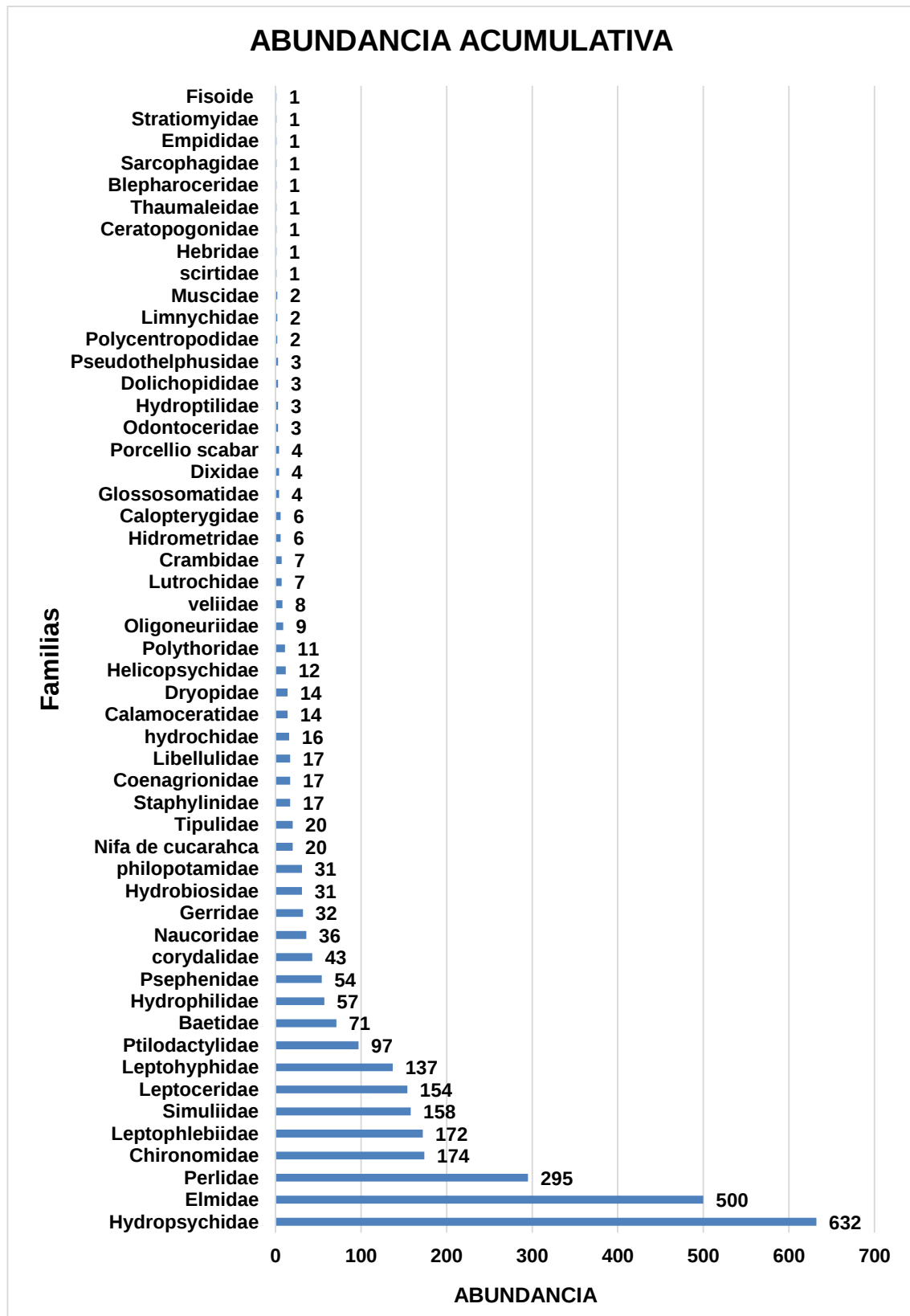


Gráfico 3. Abundancia total de macroinvertebrados recolectados por familia

Elaborado por: Autor

4.1.2. Variedad y Abundancia de macroinvertebrados recolectados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en relación con la variedad y abundancia de macroinvertebrados determinado en cada una de las quebradas con diferente cobertura vegetal ribereña:

El gráfico 4 muestra la abundancia acumulada de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la quebrada “La Victoria” (Bosque Natural) con un total de 884 individuos representados en 11 órdenes y 36 familias, La familia Hidropsychidae del orden Trichóptera fue la más representativa con 167 individuos, seguido de la familia Elmidae del orden Coleóptera con 165 individuos y la familia Perlidae del orden Plecóptera con 99 individuos. Los macroinvertebrados con menor diversidad fueron los individuos del orden Ephemeroptera de la familia Leptophlebiidae con 44 individuos, seguido del orden Coleóptera de la familia Hydrophilidae con 28, mientras que las demás familias presentaron menor número de taxones.

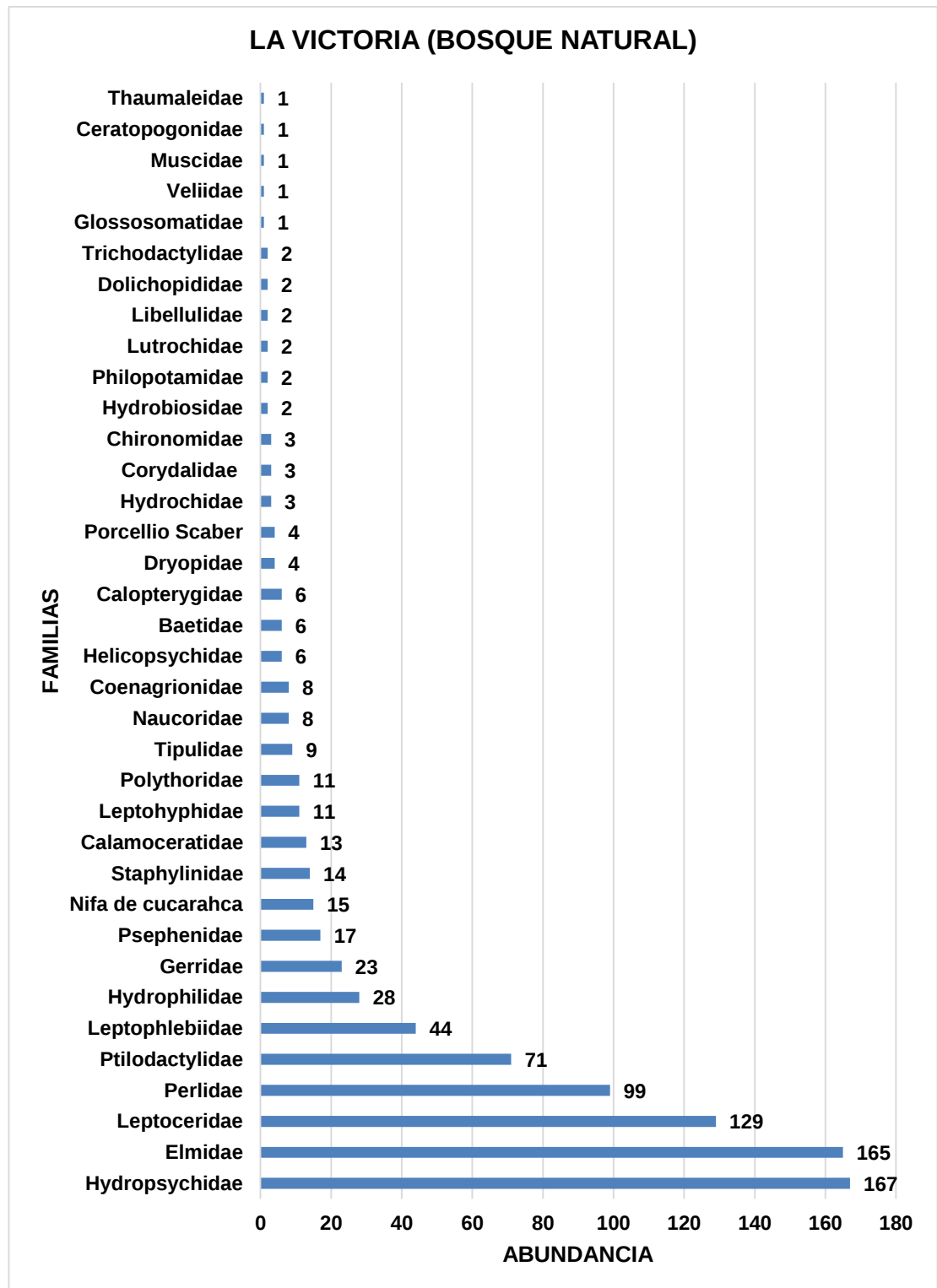


Gráfico 4. Macroinvertebrados recolectados en Punto 1 (Quebrada La Victoria)

Elaborado por: Autor

El gráfico 5 muestra la abundancia acumulada de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la quebrada “El Congo” (Intervenido) con un total de 782 individuos representados en 12 órdenes y 37 familias. La familia Hidropsychidae del orden Trichóptera fue la más representativa con 212 individuos, seguido de la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera con 88 individuos y la familia Leptohyphidae del orden Ephemeroptera con 68 individuos. Los macroinvertebrados con menor diversidad fueron los individuos del orden Coleoptera de la familia Elmidae con 61 individuos, seguido del orden Díptera de las familias Chironomidae y Simuliidae con 60 y 56, mientras que las demás familias presentaron menor número de taxones.

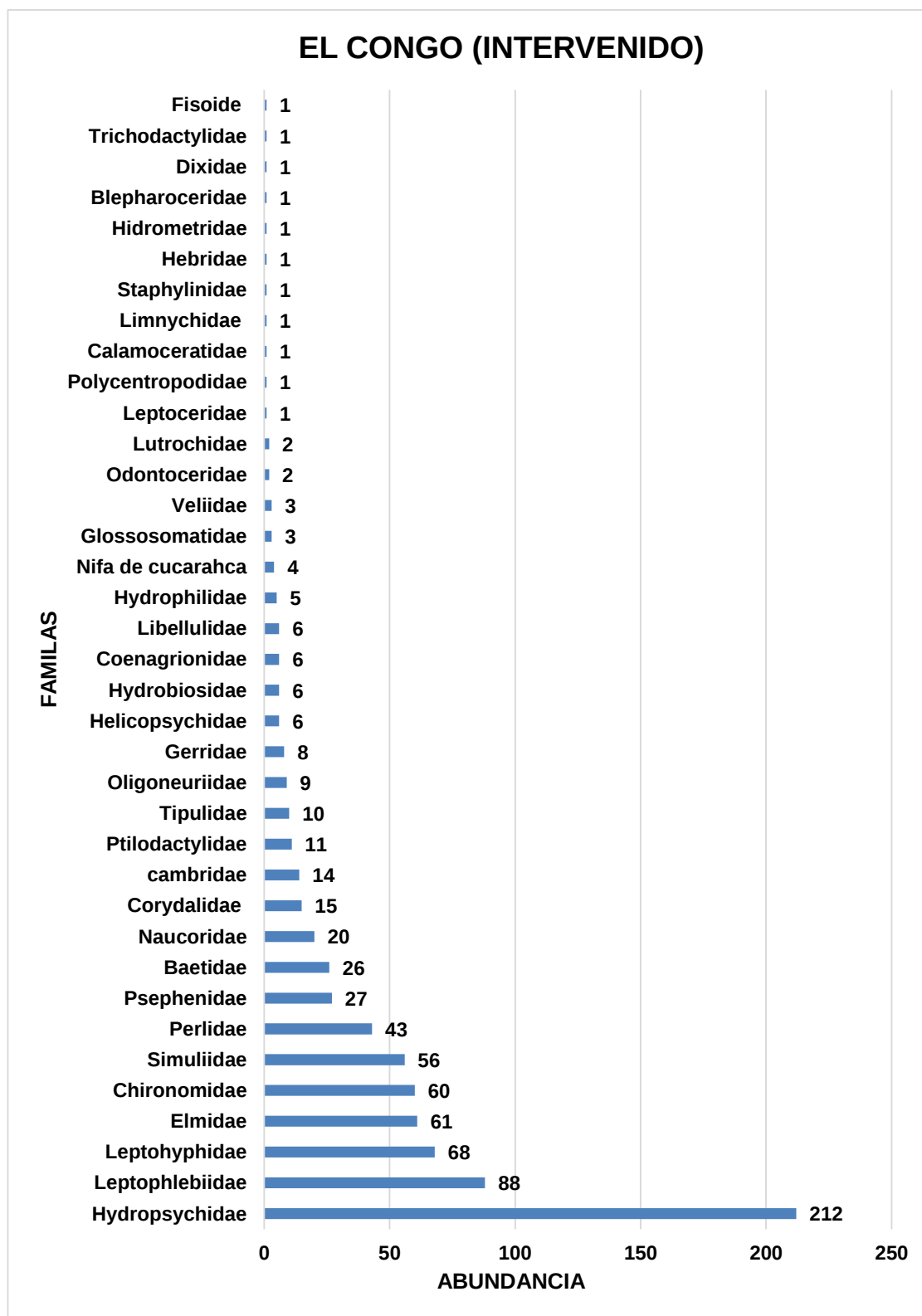


Gráfico 5. Macroinvertebrados recolectados en Punto 2 (Quebrada El Congo)
 Elaborado por: Autor

El gráfico 6 muestra la abundancia acumulada de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la quebrada “La Damita” (Plantaciones) con un total de 1261 individuos representados en 10 órdenes y 39 familias, La familia Elmidae del orden Coleóptera fue la más representativa con 274 individuos, seguido de la familia Hydropsychidae del orden Trichóptera con 253 individuos y la familia Perlidae del orden Plecóptera con 153 individuos. Los macroinvertebrados con menor diversidad fueron los individuos del orden Díptera de la familia Leptophlebiidae con 44 individuos, seguido del orden Coleóptera de las familias Chironomidae y Simuliidae con 111 y 102, mientras que las demás familias presentaron menor número de taxones.

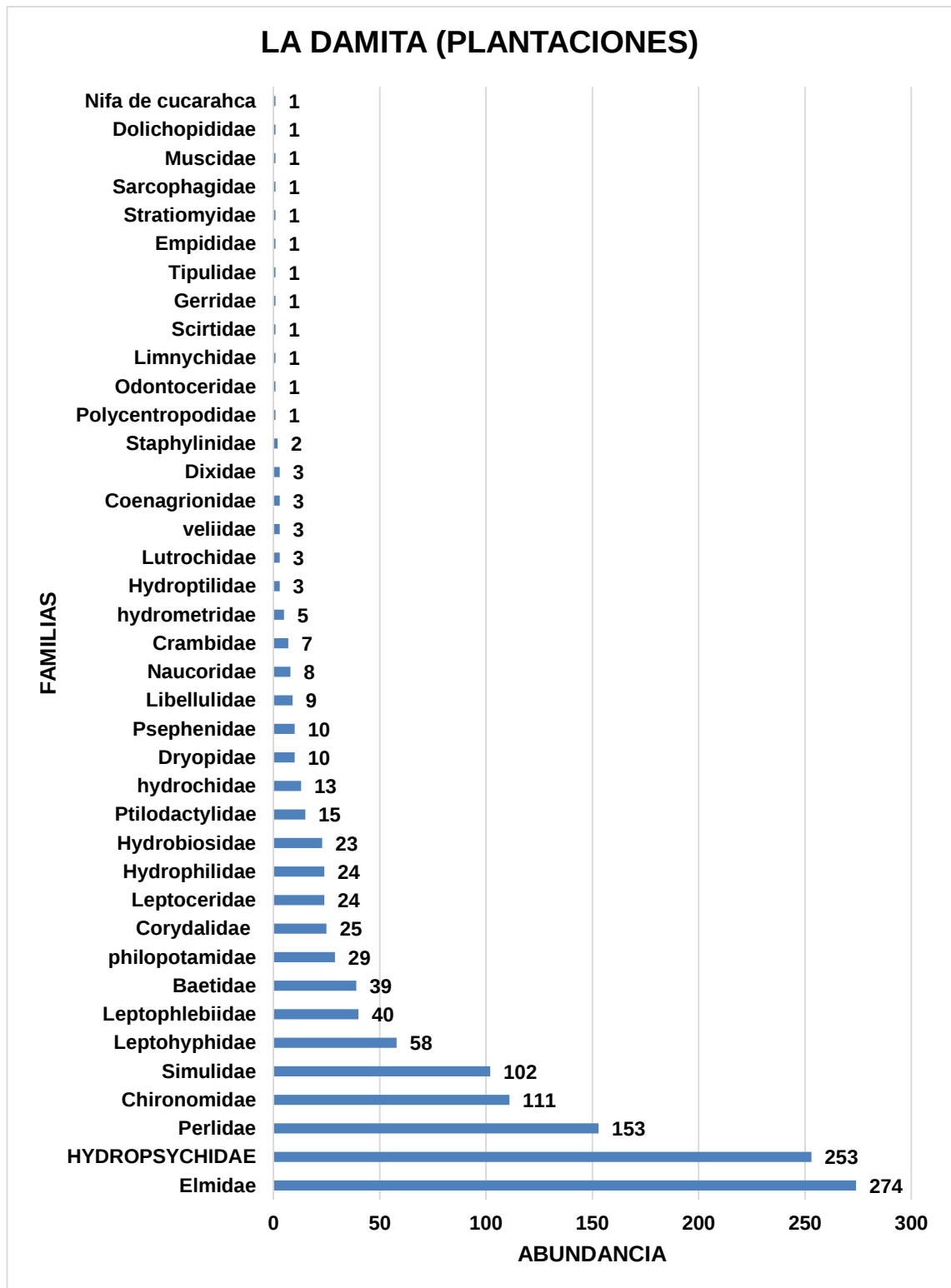


Gráfico 6. Macroinvertebrados recolectados en Punto 3 (Quebrada La Damita)

Elaborado por: Autor

4.1.3. Aplicación de los índices de Shannon - Weaver, Simpson, Pielou, Sorensen

Se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad aplicados en las quebradas La Victoria; El Congo; La Damita (con diferente cobertura vegetal en sus riberas).

El gráfico 7 muestra las variaciones de los resultados obtenidos en los diferentes índices aplicados de los tres sitios de estudio, De acuerdo al Índice de dominancia y diversidad de Simpson “La Victoria” (Bosque Natural) mostro un grado de dominancia de (0,8), pero con un grado de diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos de (0,2), mientras que para las quebradas “El Congo” (intervenido), La Damita (Plantaciones) determinó que los resultados de dominancia fue de (0,9), mientras que su diversidad se registró de (0,1) respectivamente.

El índice de Diversidad Shannon, mostro que el máximo valor fluctuó en las quebradas “El Congo” (Intervenido) y “La Damita” (Plantaciones) (2,3) lo que indica que presentaron un mayor número de individuos por familia Hydropsychidae con (212) y Elmidae con (274), mientras que el mínimo valor se presentó en la quebrada La Victoria (Bosque Natural) con (2,2) mostrando un menor individuos y mayor número de familias Hydropsychidae (167) y Elmidae con (165) respectivamente para cada familia

Los valores del Índice de Pielou registraron un valor máximo en la quebrada “El Congo” (Intervenido) (0,8), a diferencia de las quebradas “La Victoria (Bosque Natural) y “La Damita” (Plantaciones) con un valor de (0,7) que mostraron similitud entre las familias encontradas

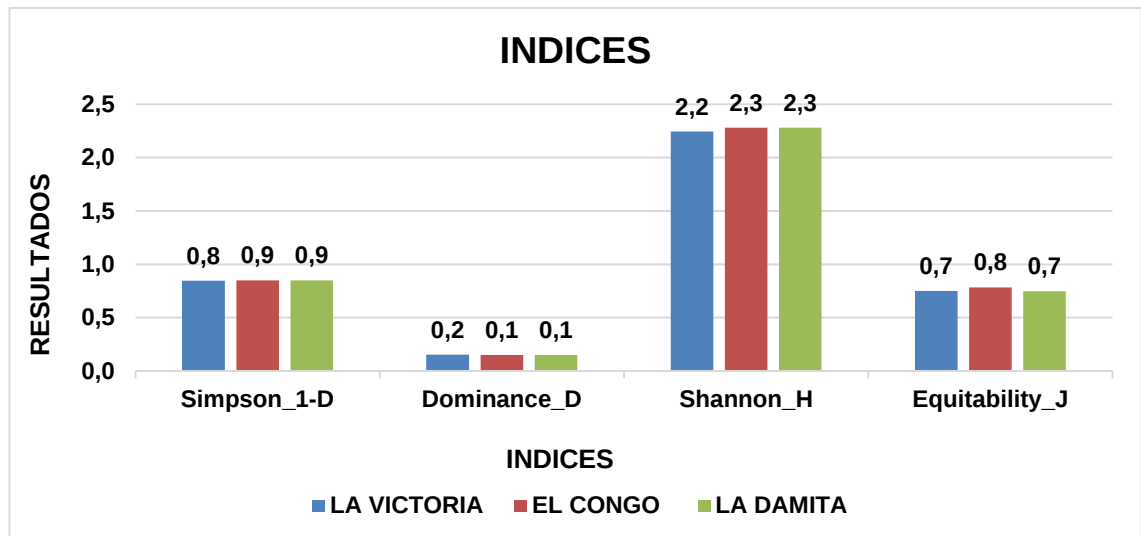


Gráfico 7. Resultados de la aplicación de los índices de Simpson, diversidad de Shannon, equidad de Pielou en cada ecosistema

Elaborado por: Autor

4.1.3.1. Aplicación del índice de similitud de Sorensen

El gráfico 8 muestra los valores que presentó el cálculo del Índice de similitud de Sorensen, el valor máximo de similitud se registró en las quebradas El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones) con (0,76) seguidos de “La Victoria” (Bosque Nativo) y El Congo (Intervenido) con (0,71), y “La Victoria” (Bosque Nativo) y La Damita (Plantaciones) con (0,72) respectivamente.

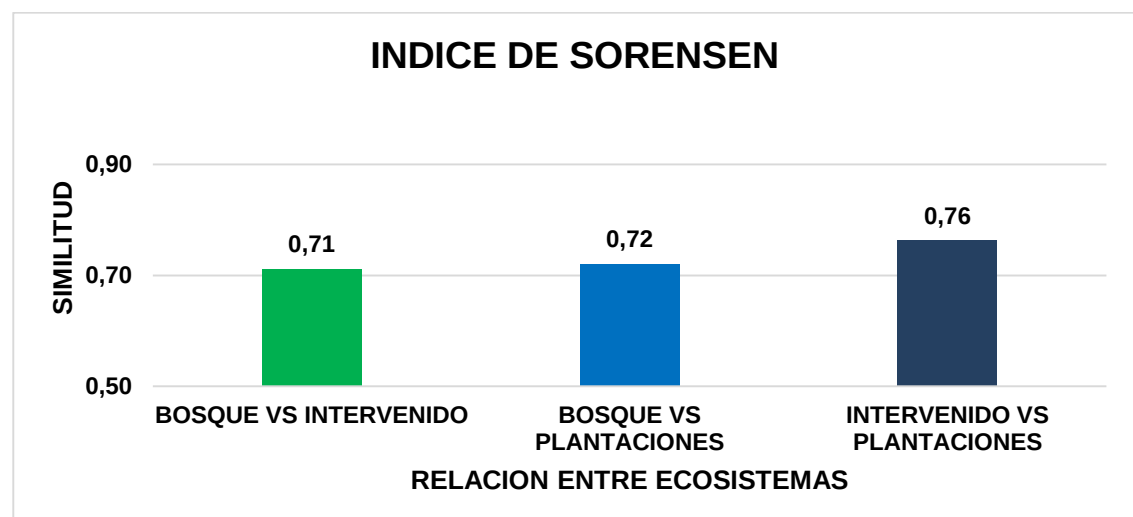


Gráfico 8. Resultados del cálculo del Índice de Sorensen de las comparaciones pareadas de la diversidad de especies encontradas en los diferentes ecosistemas

Elaborado por: Autor

4.1.4. Aplicación del índice de Calidad de Bosque de Rivera “QBR”

Mediante la aplicación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera se obtuvieron los siguientes resultados en las diferentes quebradas estudiadas, El Congo, La Victoria, La Damita, (con diferente cobertura vegetal).

El gráfico 9 muestra los resultados obtenidos mediante el índice de calidad de bosque de ribera, en la quebrada El Congo (Intervenido). Se determinó un puntaje de 30 % del nivel de calidad ambiental, y de acuerdo con la tabla de valores del índice de “QBR” presentó una *“Alteración fuerte, mala calidad”*, debido a la intervención antropogénica y la agricultura. En el área de la quebrada La Victoria (Bosque Natural) se obtuvo un valor de 100 % ya que en sus riberas existe un grado de cobertura vegetal muy alto y autóctono por lo que de acuerdo con la tabla de valores se determina un *“Bosque de Rivera sin Alteración”*. En la quebrada la damita (Plantaciones), el índice de QBR registró un 60 % de la cobertura vegetal en sus riberas debido a la introducción de especies de árboles no nativas, y el grado de calidad establece que existe un *“Inicio De Alteración Importante”*.

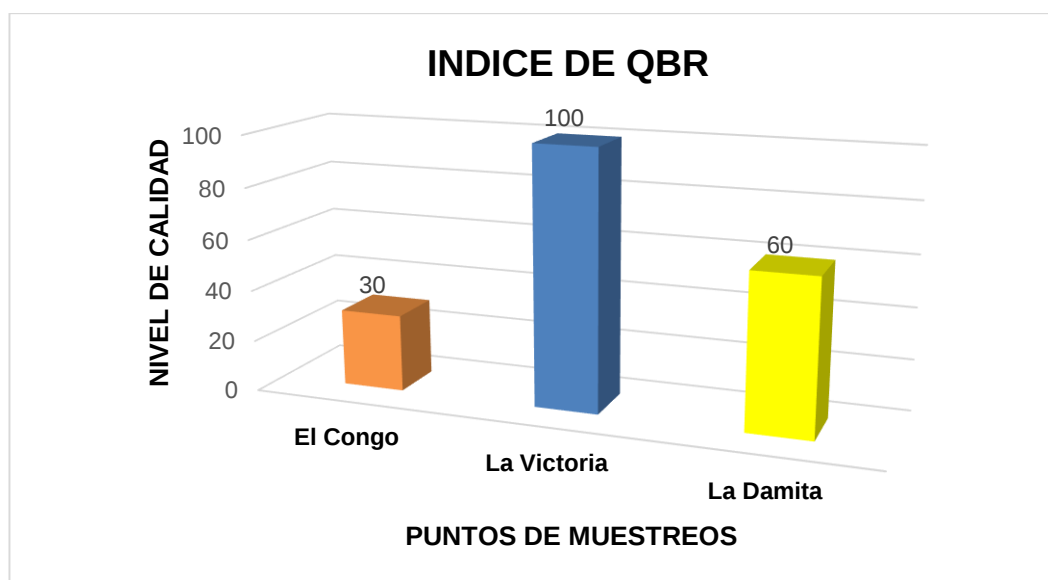


Gráfico 9. Índice “QBR” aplicado en cada una de las quebradas estudiadas
Elaborado por: Autor

4.1.5. Aplicación del índice del BMWP-COL

A continuación se detallan los resultados obtenidos mediante el índice del BMWP-COL durante las cuatro fechas de muestreo:

El gráfico 10 muestra las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del BMWP-COL, en los cuatro meses de muestreo en el área de la quebrada EL Congo (Intervenido). En los meses de junio y octubre se presentó una calidad de agua “Regular” (98-82), lo que significa *eutrofia, contaminación moderada*, mientras que en el mes de julio se determinó un nivel de calidad de agua “Buena” (107), *no contaminada alterada de manera sensible*; en agosto se obtuvo una calidad de agua “Excelente”, *aguas de calidad excelente* (141).

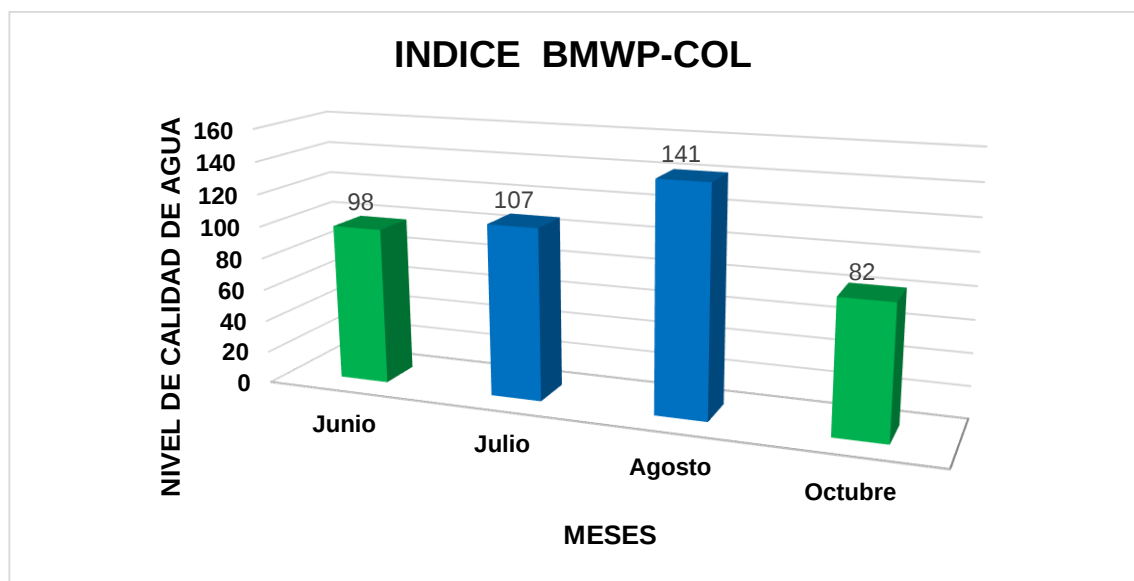


Gráfico 10. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido)

Elaborado por: Autor

Las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del BMWP-COL, en el área de la quebrada La Victoria (Bosque Natural), se determinó que en el mes de junio presentó un nivel de calidad de agua “Regular” (67), *eutrofia, contaminación moderada*, mientras que en el mes de julio, agosto, octubre registraron un nivel de *calidad de agua “Excelente”* (147-142-126) lo que muestra el gráfico 11.

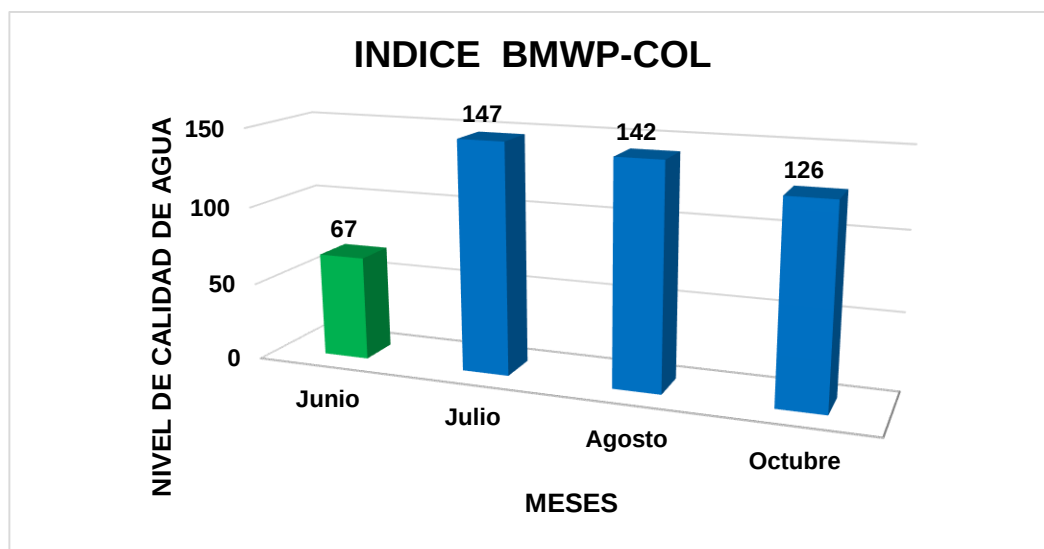


Gráfico 11. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque)
Elaborado por: Autor

El gráfico 12 muestra las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del BMWP-COL, en la quebrada La Damita (Plantaciones), en junio se registró una calidad de agua “Regular” (97), *eutrofia*, *contaminación moderada*, mientras que en los meses de julio y agosto determinaron un nivel de *calidad de agua “Excelente”* (126-135) respectivamente, seguido del mes de octubre el cual se obtuvo un nivel de calidad de agua “Buena” (105), que significa *no contaminada alterada de manera sensible*.

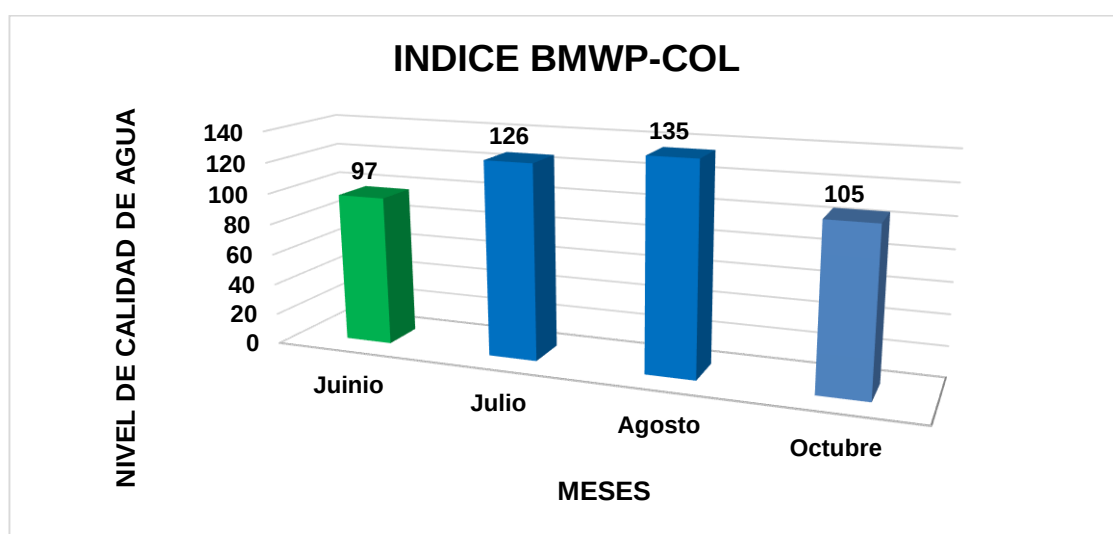


Gráfico 12. Índice del BMWP-COL aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones)
Elaborado por: Autor

4.1.6. Aplicación del índice del IBF-SV

Se detallan los resultados obtenidos mediante el índice del IBF-SV durante las cuatro fechas de muestreo:

El gráfico 13 muestra las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del IBF-SV en la quebrada El Congo (Intervenido), la primera fecha de muestro (Junio) presentó un nivel de calidad de agua “Muy Buena” (4,07), *posible contaminación orgánica muy ligera*, mientras que en los meses de julio y agosto determinó un nivel de calidad de agua “Regular” (5,5-5,29), *probable contaminación regular considerable*, la cuarto mes (octubre) registró un nivel de calidad de agua “Regular-Pobre” (6,06), *probable contaminación considerable*.

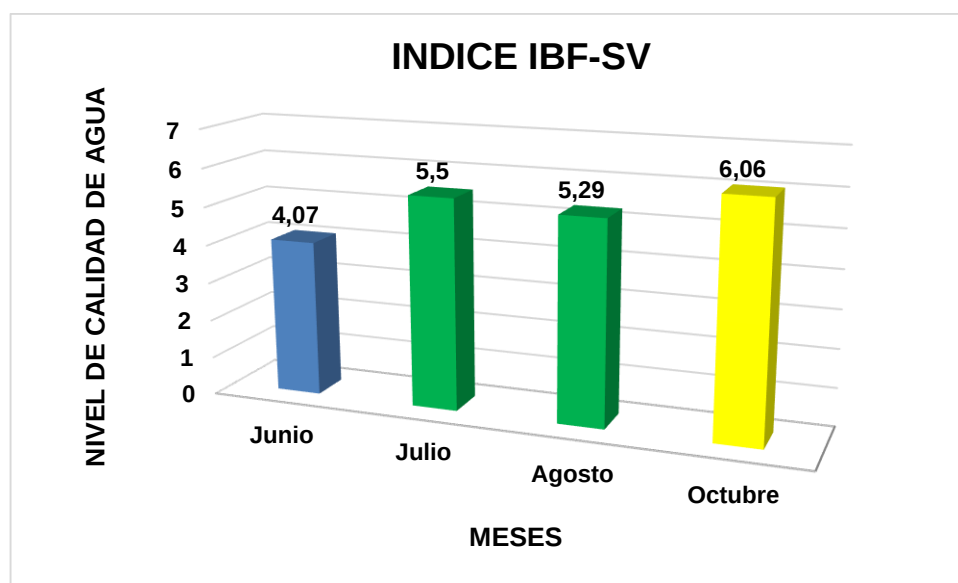


Gráfico 13. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido)
Elaborado por: Autor

El gráfico 14 muestra las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del IBF-SV en la quebrada La Victoria (Bosque Natural), determinó que los meses de junio y agosto se encontró un nivel de calidad agua “Excelente” (2,98-3,46), *contaminación orgánica improbable*, seguido del segundo y cuarto mes (Julio, octubre) quienes presentaron un nivel de calidad de agua “Buena” (4,48-4,32), *alguna contaminación orgánica probable*.

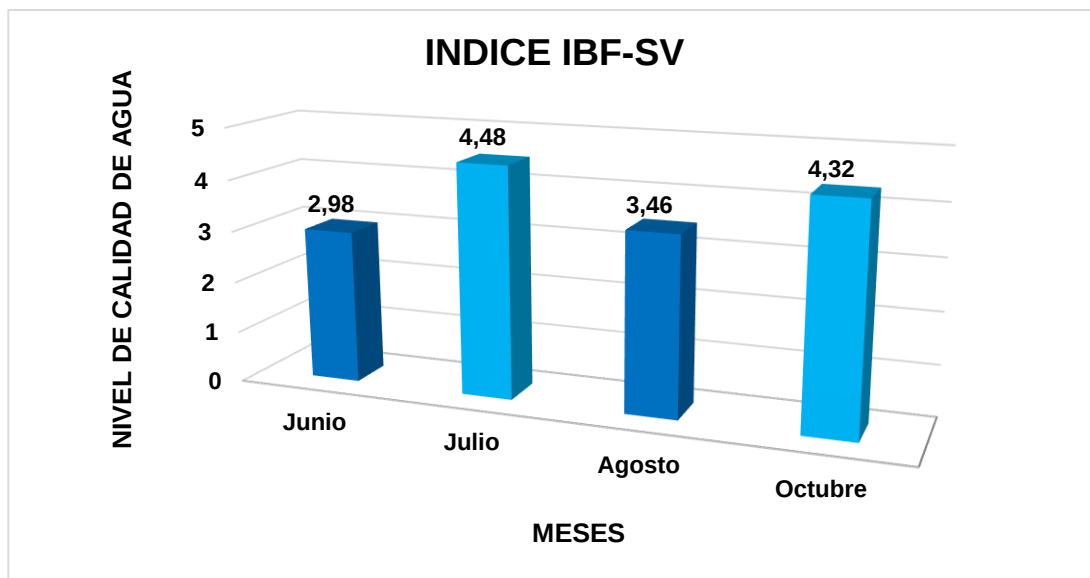


Gráfico 14. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque Natural)
Elaborado por: Autor

El gráfico 15 muestra las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice del IBF-SV, en el área de la quebrada La Damita (Plantaciones), los meses de Junio, Octubre, fluctuaron con un nivel de calidad agua “Regular” (5,29-5,33), *probable contaminación regular considerable*, seguido del segundo y tercer mes (Julio, Agosto), que presentaron un nivel de calidad de agua “Buena” (4,9-4,92), *alguna contaminación orgánica probable*.

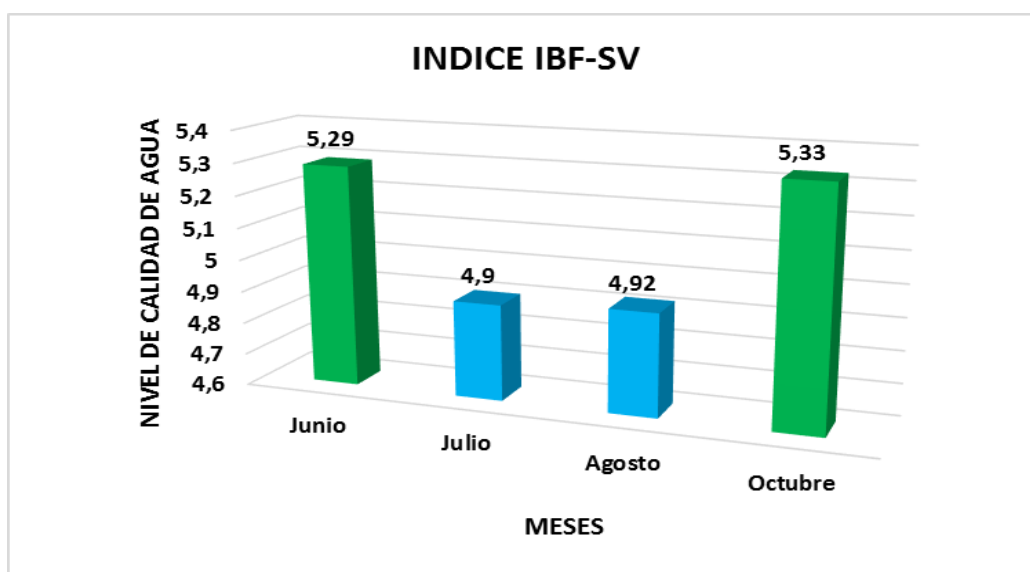


Gráfico 15. Índice del IBF-SV aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones)
Elaborado por: Autor

4.1.7. Aplicación del índice ETP%

Los resultados obtenidos mediante el índice de ETP% durante las cuatro fechas de muestreo se detallan a continuación:

El gráfico 16 se muestran las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice de ETP%, en la quebrada El Congo (Intervenido), en el primer mes (Junio) se obtuvo un nivel de calidad de agua “Regular” (49,28 %), mientras que los meses Julio, Agosto, Octubre, presentaron un nivel de calidad de agua “Buena” (62,76 %-56,69 %-55,08 %).

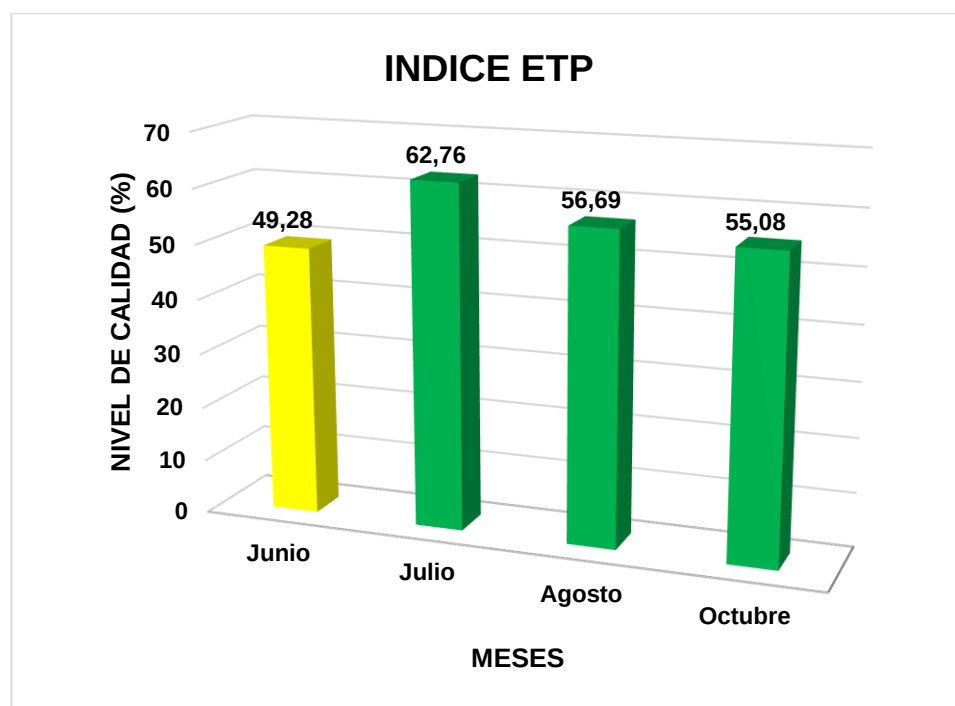


Gráfico 16. Índice EPT% aplicado en la quebrada El Congo (Intervenido)
Elaborado por: Autor

El gráfico 17 se muestran las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice de ETP%, en la quebrada La Victoria (Bosque Natural), se determinó que durante el primer mes (Junio) se obtuvo un nivel de calidad de agua “Mala” (24,73 %), seguido de los Julio, Agosto, Octubre, quienes presentaron un nivel de calidad de agua “Buena” (51,98 %-51,84 %-69,18 %).

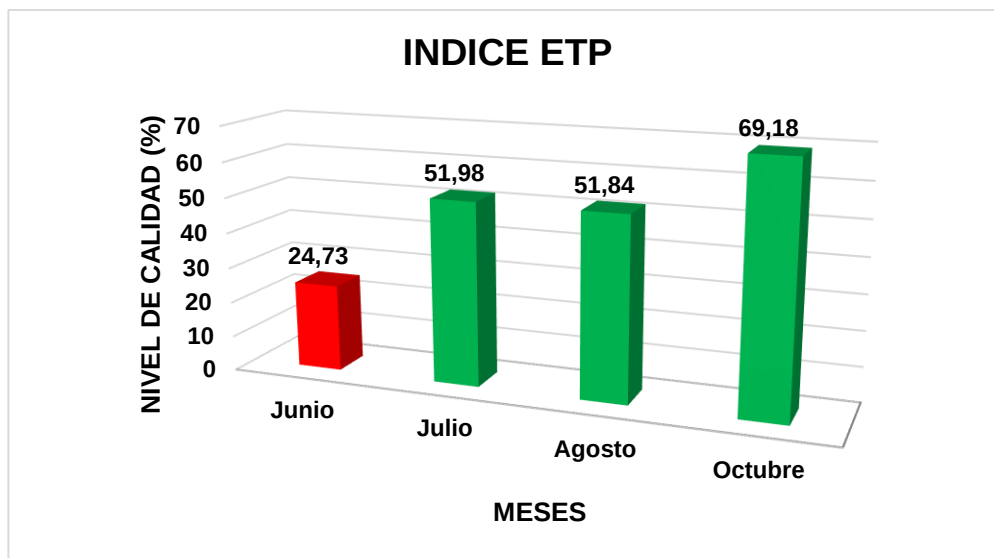


Gráfico 17. Índice EPT% aplicado en la quebrada La Victoria (Bosque Natural)
Elaborado por: Autor

El gráfico 18 se muestran las variaciones de la calidad del agua mediante el Índice de ETP%, en la quebrada La Damita (Plantaciones), en el mes de Junio presento un nivel de calidad de agua “Mala” (21,48 %), mientras que en el segundo mes (Julio) se registró un nivel de calidad de agua “Regular” (46,97 %), seguido de los meses Agosto y Octubre, determinaron un nivel de calidad de agua “Buena” (53,04 %-67,93 %).

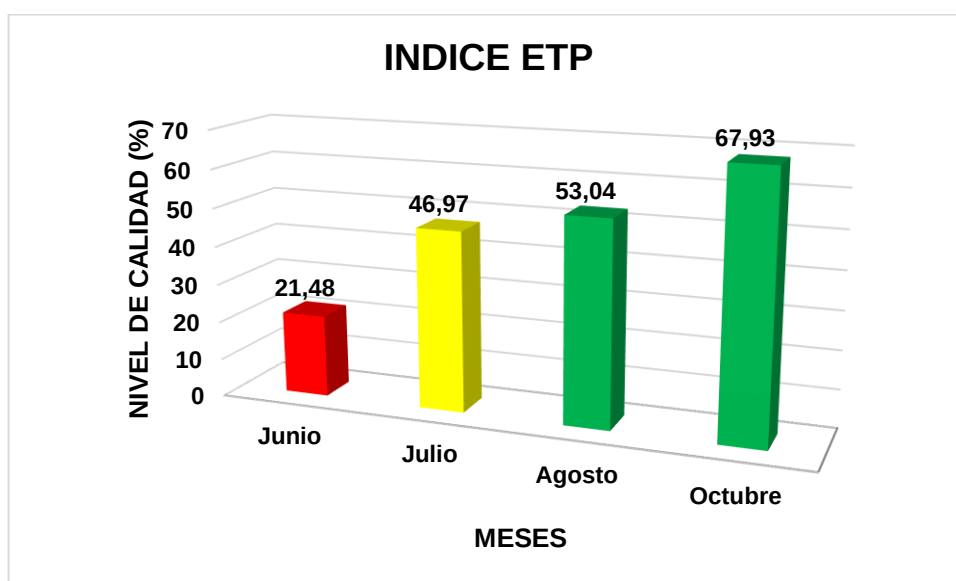


Gráfico 18. Índice EPT% aplicado en la quebrada La Damita (Plantaciones)
Elaborado por: Autor

4.1.8. Análisis Físicos-Químicos de las quebradas estudiadas

Los resultados obtenidos mediante el análisis físico-químico de las quebradas estudiadas durante las fechas de muestreo se presentan a continuación:

4.1.8.1. Oxígeno Disuelto

Los valores del oxígeno disuelto se ubicaron en un intervalo de 4,1 mg/dm³ a 5,5 mg/dm³, de acuerdo con las quebradas investigada, con valores medios por área de estudio de 5,40 mg/dm³ “El Congo (Intervenido)”, 4,88 mg/dm³ “La Victoria (Bosque Natural)” y 4,78 mg/dm³ “La Damita (Plantaciones)”. La quebrada El Congo (Intervenido) presentó un valor medio de 5,4 mg/dm³, lo que determina que se encuentra dentro límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028); las quebradas La Victoria (Bosque Natural), La Damita (Plantaciones) determinó valores medios que se encuentran en un rango menor a 5 mg/dm³ de acuerdo por lo establecido en el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

Tabla 3. Valores de oxígeno disuelto obtenidos durante los muestreos

OXÍGENO DISUELTO(mg/dm³)						
MUESTREOS	Puntos de Muestreos					ACUERDO 028
	Muestra 1 03/06/2014	Muestra 2 17/07/2014	Muestra 3 31/08/2014	Muestra 4 15/10/2014	Medias mg/dm³ (lugares)	
EL CONGO	5,5	5,4	5,3	5,4	5,40	No menor a 5 (mg/dm ³)
LA VICTORIA	4,1	5,0	5,5	4,9	4,88	
LA DAMITA	4,1	4,8	5,4	4,8	4,78	

Elaborado por: Autor

En el gráfico 19 se muestra la variaciones de concentraciones de oxígeno disuelto, los valores más altos fueron registrados en los meses de Junio y Agosto (5,5 mg/dm³) en las quebradas El Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Natural), mientras que las concentraciones más bajas se obtuvieron en el mes de Junio (4,1 mg/dm³) en las quebradas La Victoria (Bosque Natural) y La Damita (Plantaciones); las concentraciones de oxígeno disuelto más altas se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028) que es de 5 mg/l, mientras que las más bajas están por debajo de los límites permisibles.

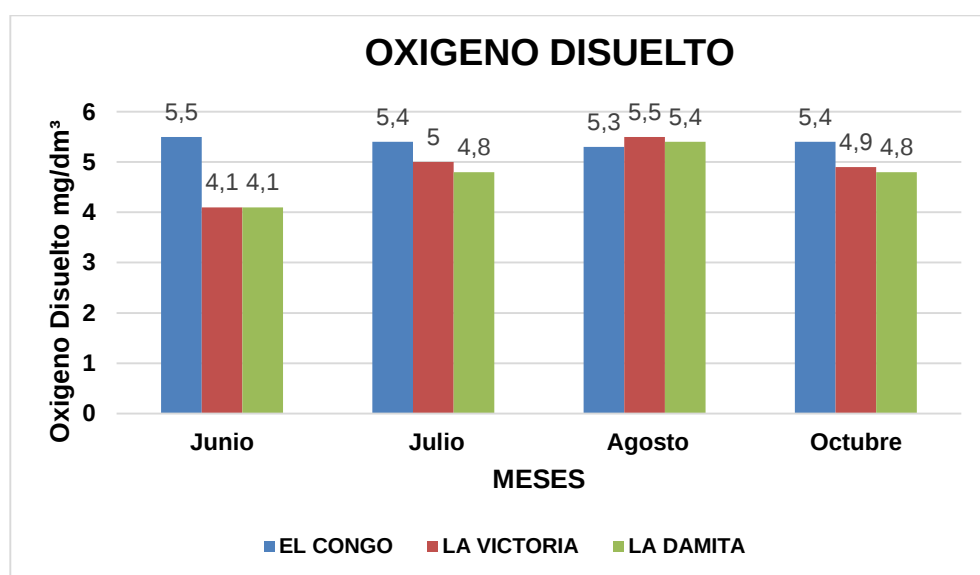


Gráfico 19. Concentración de oxígeno disuelto
Elaborado por: Autor

4.1.8.2. Temperatura

Los valores de temperatura de las quebradas estudiadas fluctuaron en un intervalo 18,4 °C a 27,7 °C, con valores medios por lugar de 23,5 °C en la quebrada “El Congo (Intervenido)”, 21,8 °C en la quebrada “La victoria (Bosque Natural)” y 22,75 °C en la quebrada “La Damita (Plantaciones)”. Se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

Tabla 4. Valores de temperatura obtenidos durante los muestreos

TEMPERATURA (°C)						
MUESTREOS	Puntos de Muestreos					
	Muestra 1 03/06/2014	Muestra 2 17/07/2014	Muestra 3 31/08/2014	Muestra 4 15/10/2014	Medias °C (lugares)	ACUERDO 028
EL CONGO	22	27,7	20,8	23,5	23,5	Condicione s naturales + 3 Máxima 32)
LA VICTORIA	21	25,8	18,4	22	21,8	
LA DAMITA	23	24	21	23	22,75	

Elaborado por: Autor

En el gráfico 20 se muestran las variaciones de temperatura en los diferentes puntos de muestreo, en el área El Congo (Intervenido) la temperatura más alta se registró en el mes de Julio (27,7 °C), mientras que la temperatura más baja fluctuó en el mes de Agosto (20,8 °C). En la zona La Victoria (Bosque Nativo) la temperatura más alta se presentó en el mes de Julio (25,8 °C), mientras que la más baja se determinó el mes de Agosto (18,4 °C). El área La Damita (Plantaciones) la temperatura más alta osciló en el mes de Julio (24 °C), la más baja se exploró en el mes de Agosto (21 °C), las variaciones de temperatura para las tres zonas estudiadas se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

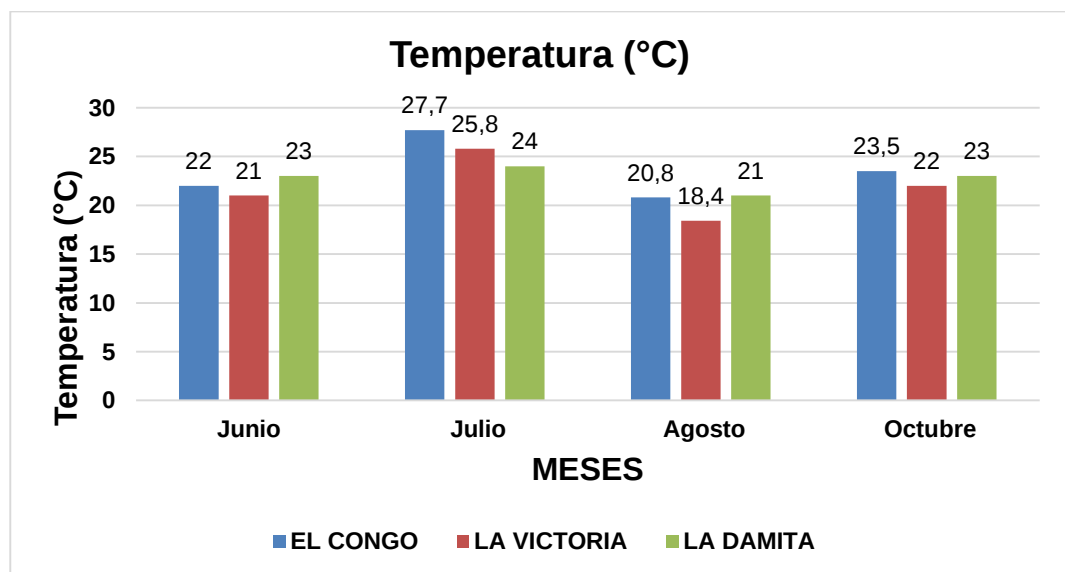


Gráfico 20. Variación de la temperatura

Elaborado por: Autor

4.1.8.3. Conductividad Eléctrica

En cuanto al parámetro de conductividad eléctrica, los valores máximos y mínimos se ubicaron en un intervalo de 141 $\mu\text{S/cm}$ a 322 $\mu\text{S/cm}$, con los valores medios de cada lugar 210,325 $\mu\text{S/cm}$ “El Congo (Intervenido)”, 203,675 $\mu\text{S/cm}$ “La Victoria (Bosque Natural)” y 157,925 $\mu\text{S/cm}$ “La Damita (Plantaciones)”, los resultados están dentro de los límites permisibles establecidos por la OMS (1993).

Tabla 5. Valores de Conductividad Eléctrica obtenidos durante las cuatro fechas de muestreos

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$)						
MUESTREOS	Puntos de Muestreos					LIMITES ESTABLECIDOS
	Muestra 1 03/06/2014	Muestra 2 17/07/2014	Muestra 3 31/08/2014	Muestra 4 15/10/2014	Medias $\mu\text{S/cm}$ (lugares)	OMS 1993
EL CONGO	322	143	144	203	210,325	250
LA VICTORIA	270	141	141	184	203,675	
LA DAMITA	215	154.8	154	174.6	157,925	

Elaborado por: Autor

El gráfico 21 se muestran las variaciones de la conductividad eléctrica en los diferentes puntos de muestreo, en el área El Congo (Intervenido), el valor más altos de conductividad se registró durante la primera fecha de muestreo (Junio) (322 $\mu\text{S/cm}$), el valor más bajos se obtuvo en la tercera fecha de muestreo (Agosto) (143 $\mu\text{S/cm}$). El área La Victoria (Bosque Natural), el valor más alto de conductividad se determinó en la primera fecha de muestreo (Junio) (270 $\mu\text{S/cm}$), mientras que el valor más bajo se presentó en la tercera fecha (Agosto) (141 $\mu\text{S/cm}$). En el área La Damita (Plantaciones) el valor más alto de conductividad fluctuó en la primera fecha de muestro (Junio) (215 $\mu\text{S/cm}$), el valor más bajo se registró en la segunda fecha (Julio) (104 $\mu\text{S/cm}$), los valores de conductividad eléctrica obtenidos durante en la primera fecha de muestreo

en el área del Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Natural), se encuentran fuera del rango permisible establecido por la OMS (1993).

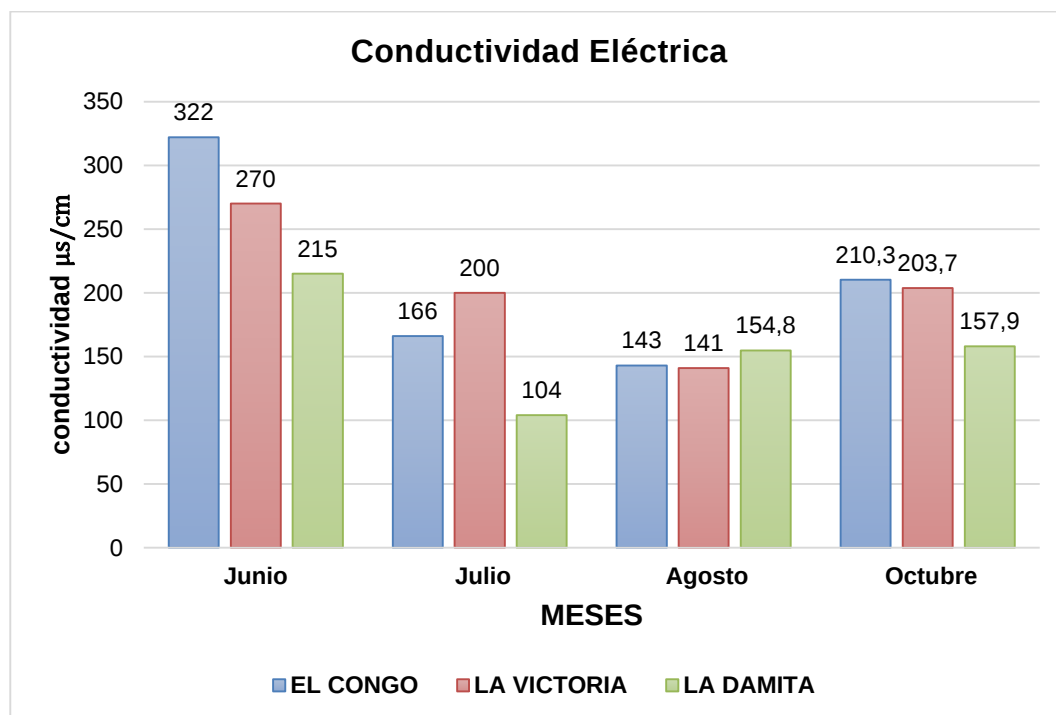


Gráfico 21. Variación de la conductividad eléctrica

Elaborado por: Autor

4.1.8.4. Sólidos Totales Disueltos (STD)

Los valores de sólidos totales disueltos se situaron en un intervalo de 64 mg/dm³ a 147 mg/dm³, con valores medios por lugar de 97 mg/dm³ en la quebrada “El Congo (Intervenido)”; 85,75 mg/dm³ en la quebrada “La Victoria (Bosque Natural)” y 90,32 mg/dm³ en la quebrada “La Damita (Plantaciones)”, los cuales están dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

Tabla 6. Valores de Solidos Totales Disuelto obtenidas durante los muestreos.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/dm³)						
MUESTREOS	Puntos de Muestreos					
	Muestra 1 03/06/2014	Muestra 2 17/07/2014	Muestra 3 31/08/2014	Muestra 4 15/10/2014	Medias mg/dm³ (lugares)	ACUERDO 028
EL CONGO	147	80	64	97	97	100
LA VICTORIA	127	65	65	86	85,75	
LA DAMITA	95	104	72	90,3	90,325	

Elaborado por: Autor

El gráfico 22 se muestran las variaciones de los sólidos totales disueltos en los diferentes puntos de muestreo, en el área El Congo (Intervenido), el valor más alto de solidos totales disueltos se registró en la primera fecha de muestro (Junio) (147 mg/dm³), el valor más bajo se presentó en la tercera fecha de muestreo (Agosto) (64 mg/dm³). La zona La Victoria (Bosque Natural), el valor más alto de solidos totales disuelto se determinó en la primera fecha de muestreo (Junio) (127 mg/dm³), mientras que los valores más bajos fluctuaron en la segunda y tercera fecha de muestro (Julio y Agosto) (65 mg/dm³). En la zona La Damita (Plantaciones), el valor más alto de solidos totales disuelto se registró en la segunda fecha de muestreo (Julio) (104 mg/dm³), mientras q el valor más bajo se obtuvo en la tercera fecha de muestreo (Agosto) (72 mg/dm³). El valore obtenido durante la primera en la quebrada EL Congo (Intervenido) se encontró fuera de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

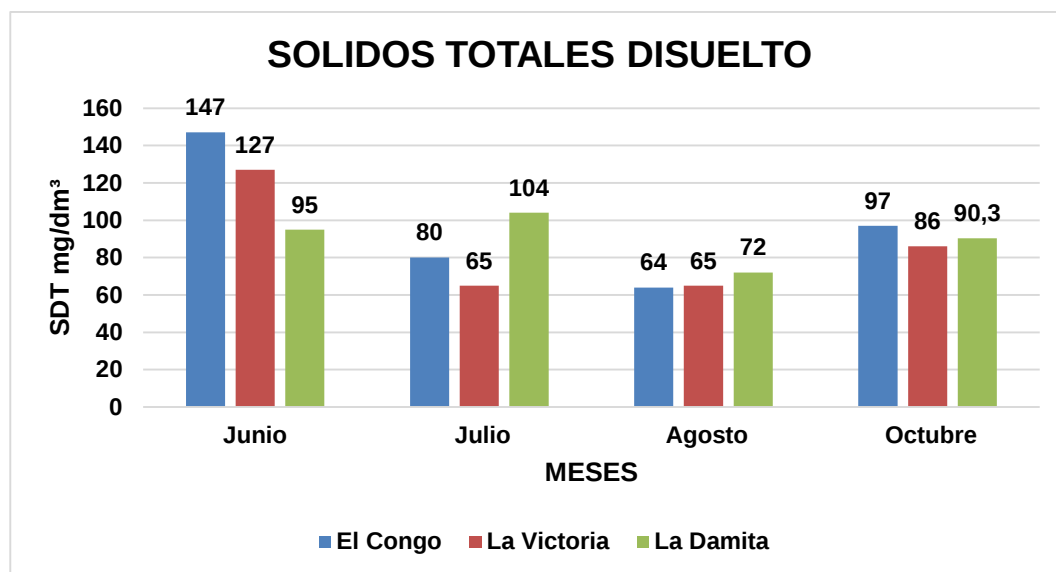


Gráfico 22. Variación de los Sólidos Totales Disuelto

Elaborado por: Autor

4.1.8.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

Los resultados que se obtuvieron del parámetro potencial de hidrógeno en las quebradas estudiadas, fluctuaron en un intervalo de 8,4 y 6,0 con los valores medios por lugar de 7,41 la quebrada “El Congo (Intervenido)”, 7,18 la quebrada “La Victoria (Bosque Natural)” y 7,31 la quebrada “La Damita (Plantaciones)”. Se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

Tabla 7. Valores del Potencial de Hidrogeno obtenidos durante los muestreos.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)						
MUESTREOS	Puntos de Muestreos					
	Muestra 1 03/06/2014	Muestra 2 17/07/2014	Muestra 3 31/08/2014	Muestra 4 15/10/2014	Medias pH (lugares)	ACUERDO 028
EL CONGO	7,9	8,3	6,05	7,4	7,41	6,5 – 9
LA VICTORIA	7,8	7,7	6	7,2	7,18	
LA DAMITA	7,5	8,4	6,04	7,3	7,31	

Elaborado por: Autor

El gráfico 23 se muestran las variaciones de pH en los diferentes puntos de muestreo durante las cuatro fechas de muestreo (El Congo, La Victoria y La Damita quebradas con diferente cobertura vegetal en sus riberas), los valores más altos de pH se registraron durante la segunda fecha de muestreo (Julio) (8,4-8,3), mientras que los datos más bajos se obtuvieron en la tercera fecha de muestreo (Agosto) (6,0-6,04), todos los valores de pH se encuentran dentro del límite permisible por el Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028).

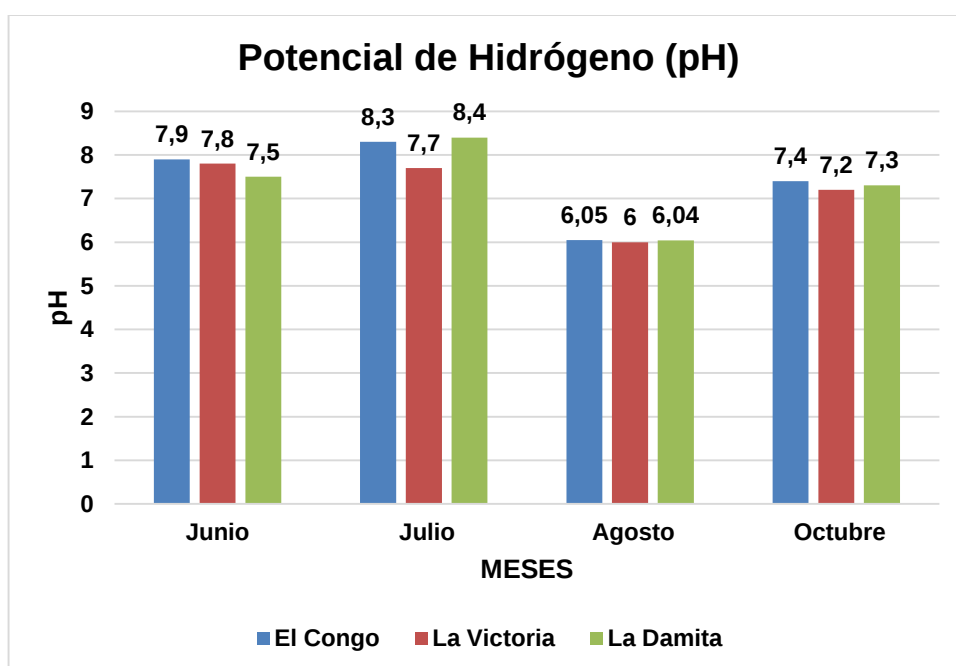


Gráfico 23. Variación del Potencial de Hidrogeno
Elaborado por: Autor

4.1.9. Medición del caudal

Los resultados obtenidos mediante la medición del caudal durante las cuatro fechas de muestreo se detallan en la siguiente tabla 7.

Tabla 8. Valores del caudal de las diferentes quebradas estudiadas

MESES	AGUAS	EL CONGO		LA VICTORIA		LA DAMITA	
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
Junio	m ³ /s	12,7	33,22	48,85	34,63	76,9	58,15
Julio	m ³ /s	11,17	13,84	37,3	23,1	31,7	12,96
Agosto	m ³ /s	8,9	22,56	12,1	8,19	19	12,1
Octubre	m ³ /s	10,2	12,86	18	16,8	19,3	12

Elaborado por: Autor

El gráfico 24 muestra el caudal de las diferentes quebradas obtenidos durante las cuatro fechas de muestreo, en el área de la quebrada El Congo (intervenido), el caudal aguas arriba fluctuó en un intervalo de (8,9 a 12,7 m³/s), mientras que el caudal aguas abajo se presentó en un rango de (12,9 a 33,2 m³/s); en la quebrada La Victoria (Bosque Nativo) el caudal aguas arriba se obtuvo de (12,1 a 48,9 m³/s), seguido del caudal aguas abajo se determinó en un rango de (8,2 a 34,6 m³/s), la quebrada La Damita (Plantaciones) el caudal aguas arriba se obtuvo de (19 a 76,9 m³/s), el caudal aguas abajo se registró en un rango de (12 a 58,2 m³/s).

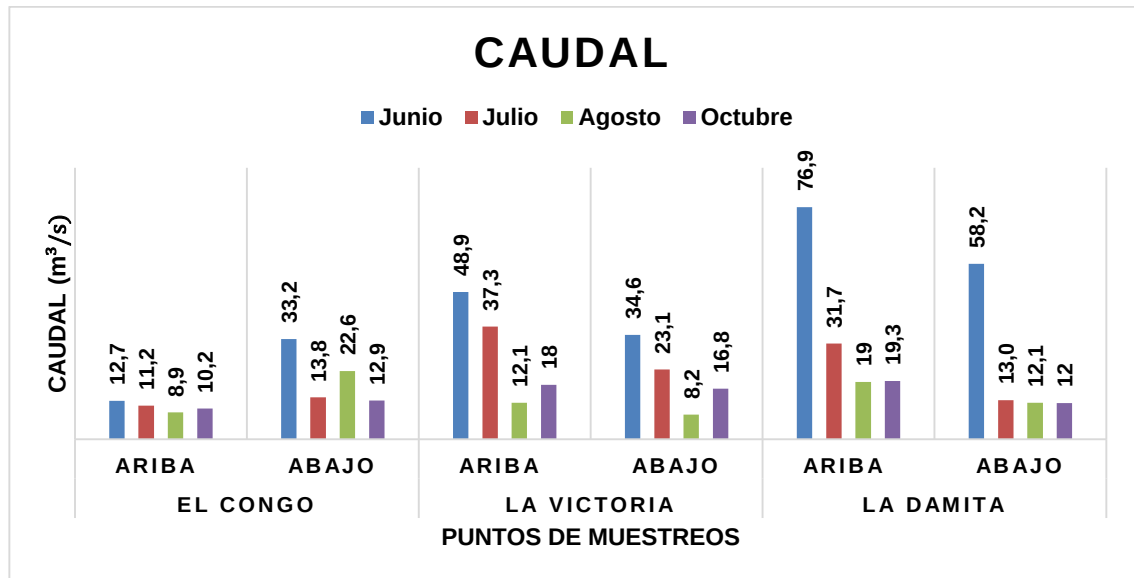


Gráfico 24. Caudal de las diferentes quebradas El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural), La Damita (Plantaciones)

Elaborado por: Autor

4.1.10. Clasificación trófica de insectos acuáticos colectados en las quebradas con diferente cobertura vegetal

Se determinó las clasificaciones tróficas de las comunidades de macroinvertebrados de cada una de las quebradas estudiadas:

Tabla 9. Clasificación en grupos dietarios de los insectos colectados en las quebradas del Bosque Protector Murocomba, Valencia (2015).

Clase	Orden	Familia	Clasificación Trófica	Total	(%)
Insecta	TRICHÓPTERA	Leptoceridae	COLECTOR	154	5,28
		Helicopsychidae	COLECTOR	12	0,41
		Calamoceratidae	FRAGMENTADOR	14	0,48
		Hydropsychidae	FRAGMENTADOR - COLECTOR	632	21,7
		Hydrobiosidae	DEPREDADOR	31	1,06
		Glossosomatidae	DESGARRADOR	4	0,14
		Odontoceridae	FRAGMENTADOR	3	0,1
		Polycentropodidae	DEPREDADOR	2	0,07
		Hydroptilidae	RASPADOR	3	0,1
		philopotamidae	COLECTOR	31	1,06
	COLEÓPTERA	Ptilodactylidae	FRAGMENTADOR	97	3,33
		Elmidae	COLECTOR - RASPADOR	500	17,2
		Limnychidae	COLECTOR	2	0,07
		Lutrochidae	DESGARRADOR	7	0,24
		Hydrophilidae	DEPREDADOR	57	1,96
		Dryopidae	DESGARRADOR	14	0,48
		Staphylinidae	DEPREDADOR	17	0,58
		scirtidae	RASPADOR	1	0,03
		Psephenidae	RASPADOR	54	1,85
		hydrochidae	NI	16	0,55
	EPHEMERÓPTERA	Leptophlebiidae	COLECTOR	172	5,9
		Baetidae	COLECTOR	71	2,44
		Oligoneuriidae	FILTRADOR	9	0,31
		Leptohyphidae	COLECTOR	137	4,7
	PLECÓPTERA	Perlidae	DEPREDADOR	295	10,1
	HEMÍPTERA	Gerridae	DEPREDADOR	32	1,1
		Naucoridae	DEPREDADOR	36	1,24
		Hebridae	DEPREDADOR - CARROÑERO	1	0,03
		Hidrometridae	DEPREDADOR - CARROÑERO	6	0,21
		veliidae	COLECTOR	8	0,27

	MEGALÓPTERA	corydalidae	DEPREDADOR	43	1,48
	ODONATA	Polythoridae	DEPREDADOR	11	0,38
		Calopterygidae	DEPREDADOR	6	0,21
		Coenagrionidae	DEPREDADOR	17	0,58
		Libellulidae	DEPREDADOR	17	0,58
	BLATTAREA	Nifa de cucarahca	DEVORADORAS	20	0,69
	LEPIDÓPTERA	Crambidae	DESGARRADOR	7	0,24
	DÍPTERA	Muscidae	DEPREDADOR	2	0,07
		Tipulidae	FRAGMENTADOR - DESGARRADOR	20	0,69
		Chironomidae	COLECTOR - FILTRADOR	174	5,97
		Ceratopogonidae	DEPREDADOR	1	0,03
		Thaumaleidae	RASPADOR	1	0,03
		Simuliidae	COLERTOR - FILTRADOR	158	5,42
		Blepharoceridae	RASPADOR	1	0,03
		Dixidae	COLECTOR	4	0,14
		Sarcophagidae	FILTRADOR	1	0,03
		Dolichopididae	DEPREDADOR	3	0,1
		Empididae	FRAGMENTADOR - DEPREDAOR	1	0,03
		Stratiomyidae	COLECTOR	1	0,03
Malacostraca	ISOPODA	Porcellio scabar	DEPREDADOR	4	0,14
	CRUSTACEA	Pseudothelphusidae	NI	3	0,1
Gastropoda	MOLLUSCA	Fisoide	NI	1	0,03

Elaborado por: Autor

La tabla 8 muestra que la agrupación más abundante en la clasificación trófica son los Depredadores que están distribuidos en 8 órdenes y 18 familias que representa el 19,92 %, seguido de los colectores que presentaron 5 órdenes y 14 familias con un 48,89 % mientras que los fragmentadores están distribuidos en 3 órdenes y 6 familias con el 26,33 %. Los grupos dietarios que presentaron menor cantidad de órdenes y familias fueron los raspadores, desgarradores, filtradores, devoradores de la muestra total colectados en los sitios de estudio, además se encontraron tres familias (NI) por falta de información a asignación a grupos dietarios.

4.2. DISCUSIÓN

Con los resultados que presentó la abundancia acumulativa de macroinvertebrados acuáticos se obtuvo con mayor número de individuos a las familias Hydropsychidae con 632, Elmidae con 500, y Perlidae 295; a diferencia de lo reportado por Puente (2013), quien presentó menor proporción de individuos Hidropsychidae con 56, Elmidae con 18, en la quebrada Guantupí.

El resultado obtenido del índice de Simpson (S) en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), La Damita (Plantaciones) se registró de 0,8 a 0,9; a diferencia por lo reportado por Arroyo (2007) quien calculó un S de 0,6 a 0,8 en las quebradas Palmeras, Guajalito, Brincador. Así, aunque las quebradas del estudio en Murocomba son de características similares a las reportadas por Arroyo (2007), el mejor estado de conservación del ecosistema valenciano hace posible la obtención un índice de Simpson muy cercano a 1. Según Magunran (1988), este índice está fuertemente influido por importancia de las especies más dominantes.

De acuerdo con los resultados del índice de Shannon (H'), este fluctuó en un rango de 2,2 a 2,3 entre las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), y La Damita (Plantaciones) a diferencia de lo reportado por Arroyo (2007) quien determinó un H' de 1,3 a 2,2 en las quebradas Palmeras, Guajalito, Brincador; diferencias que básicamente se deben a una calidad del agua en las quebradas de Murocomba con respecto a las del Bosque Protector Guajalito. Según Wilhm y Dorris (1968), quienes estudiaron la diversidad de varias aguas contaminadas y sin contaminar, un H' superior a 3 indica que el agua está limpia, valores entre 1 y 3 ligeramente contaminadas e inferiores a 1 corresponden a cuerpos de agua intensamente contaminados.

El índice de Pielou determinó una equidad de 0,7 entre las quebradas La Victoria (Bosque Natural) y La Damita (Plantaciones) a diferencia de la quebrada El Congo (Intervenido) que registro 0,8, y según Lampert y Sommer (1997), cuando una comunidad es estable o equitativa se tiene un indicio de un incremento en su complejidad, lo que evidencia un patrón de tolerancia al ambiente.

El índice de Sorensen presentó la mayor relación de similitud entre las quebradas El Congo (Intervenido) versus La Damita (Plantaciones) con un 0,76 mientras que la correlación de las quebradas La Victoria (Bosque Natural) versus El Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Natural) versus La Damita (Plantaciones), arrojó menor similitud de 0,71 a 0,72, compartiendo las mismas especies de macroinvertebrados acuáticos. Como lo señala Silva *et al.* (2007), este índice relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios.

El índice de calidad de bosque de ribera (QBR) determinó que la cubierta vegetal en cada una de las quebradas corresponde a las siguientes categorías de calidad: La Victoria (Bosque Natural) “Muy Bueno”, El Congo (Intervenido) “Mala”, y La Damita (Plantaciones) “Moderado”, las cuales son similares a las reportadas por Puente (2013) en la quebrada Guantupí, quien obtuvo niveles de calidad de la cubierta vegetal “Bueno, Moderado, Deficiente, Malo”, debido a actividades antropogénicas.

El índice de BMWP-COL determinó una calidad de agua *Regular, Buena, y Excelente* en las quebradas El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural), y La Damita (Plantaciones), respectivamente. Por lo que se discrepa con los resultados obtenidos en las quebradas El Congo, Toachi Chico, La Victoria, que aunque se localizan también en Murocomba, registraron un nivel de calidad de agua regular, *eutrofia, contaminación moderada*, debido a que estas quebradas estudiadas por Morán (2013) presentaron mayor intervención antropogénica. Asimismo, en las cercanías de Murocomba, en la quebrada

Guantupí analizada por Puente (2013), se determinó un intervalo de calidad de agua *Regular, Pobre y Buena*; y en las quebradas Valencia, Aguas Blanca y El Muerto, estudiadas por Rodríguez (2013), se determinaron categorías de calidad tales como “*Aguas de calidad mala, muy contaminada*” y “*Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas*” respectivamente; por lo que de acuerdo con los datos obtenidos por los autores antes mencionados se determina que existe diferencia significativa entre las quebradas.

Los valores obtenidos del índice de IBF-SV, en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), y La Damita (Plantaciones), se encontraron en un rango de calidad de agua “Excelente”, “Muy Buena”, “Buena”, “Regular” y “Regular Pobre”, respectivamente. Los resultados del índice de IBF-Sv, presentados por Moran (2013), de los tres cursos de agua que se estudiaron, arrojaron valores que le dan una calificación de calidad de agua “Regular” que representa una “*Probable contaminación regular considerable*”. Con los resultados obtenidos en las quebradas Valencia, Aguas Blanca y El Muerto, Rodríguez (2013) determinó valores con una calificación de “Regular-Pobre” y “Pobre”, respectivamente, con grados de contaminación “*Probable contaminación muy considerable*” y “*Probable contaminación considerable*”. Los resultados obtenidos por Puente (2013) en la quebrada Guantupí, fluctuaron en un rango de *Regular, Pobre, Buena*. Así, en todos los casos, debido a los niveles de calidad de agua presentados por los autores antes mencionados, se determina que existe una importante incidencia de actividades antropogénicas.

Los valores obtenidos por el índice de ETP en las quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), La Damita (Plantaciones) se encontraron en un intervalo de calidad de agua *Mala, Regular y Buena*, esto concuerda con lo presentado por Puente (2013), quien estableció que el estero Guantupí, de características similares, se encuentra en un estado de calidad de agua *Mala, Regular, Buena*, debido a actividades antropogénicas en los cursos de agua estudiados.

Los valores del oxígeno disuelto que se obtuvieron se ubicaron en un intervalo de 5,5 mg/dm³ y 4,1 mg/dm³; los valores más altos se encuentran en condiciones “Aceptables” mientras que los valores más bajos corresponden a “Hipoxia”, esto concuerda con lo reportado por Brezonik y Fox (1974), en el sentido de que estas fluctuaciones en la concentración de oxígeno están influenciadas por la interacción con la atmósfera y por los procesos fotosintéticos y respiratorios que se producen en el agua, como otros autores también lo determinan en otros estudios Flanagan (1992) y Roldán (2003).

El parámetro de temperatura de las quebradas registró una fluctuación entre 18,4 °C y 27,7 °C. Esto coincide con lo publicado por Mafla (2005) y Velasco (1989), quienes determinaron que los insectos acuáticos se desarrollan en ámbitos de temperatura de 0 °C hasta 50 °C. Según Roldán *et al.* (2001), los ecosistemas tropicales no sufren grandes variaciones de temperaturas a lo largo del año.

En las quebradas estudiadas la conductividad eléctrica fluctuó en un intervalo de 141 µS/cm a 322 µS/cm, estos resultados son similares a los reportados por Chalarca *et al.* (2007); estas concentraciones altas en especial en la época de menores lluvias, se deben a la presencia de iones, aniones que se concentran por efecto de la evaporación y la disminución de las lluvias. Además, los procesos de degradación de la materia orgánica aceleran la concentración de iones en el agua.

Los valores de sólidos totales disueltos fluctuaron en un intervalo de 64 mg/dm³ y 147 mg/dm³, lo que indica que las condiciones climáticas tuvieron poco efecto sobre las partículas suspendidas. Se ha demostrado que este parámetro está directamente relacionado con la dinámica de las corrientes en los cuerpos de agua (Metcalf y Eddy 1996; Drever, 1997).

El potencial de hidrógeno se encontró en un intervalo 6,0 y 8,4, según (Machado y Roldán, 1981) el pH no debe ser menor a 4.5 ni mayor a 8.5, valores límites para la supervivencia de organismos acuáticos, como también lo determinan (Flanagan, 1992) (Courtney *et al.* 2000, Fjellheim *et al.* 2001, Bradley *et al.* 2002, Lepori *et al.* 2003).

El caudal de las quebradas estudiadas fluctuaron 8,2 a 76,9 m³/s, a diferencia con lo reportado por Puente (2013), quien determinó un menor caudal del estero Guantupí de (14 a 72 m³/s).

La composición trófica de las comunidades de insectos examinadas en las presentes quebradas La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), La Damita (Plantaciones) determinaron que el grupo dietario más abundante son los depredadores, seguido de los colectores y fragmentadores a diferencia con lo reportado por Chará *et al.*, (2011) en nueve quebradas de la cuenca del río Otún, quien determinó que el mayor número de órdenes y familias fueron los colectores, seguido de los fragmentadores y depredadores. Arroyo (2007) registro que en las quebradas Palmera, Guajalito, Brincador presentaron mayor número de filtradores y rapadores esto se discrepancia con las quebradas antes mencionadas.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo con la identificación taxonómica a nivel de clase, orden y familia de macroinvertebrados acuáticos se determinó que las familias más abundantes son: Hydropsychidae del orden Trichoptera con una abundancia acumulativa de 632 individuos y Elmidae del orden Coleóptera con 500 taxones.
- ✓ Con la identificación taxonómica que se realizó en cada una de las quebradas se determinó las familias más abundantes; La Victoria (Bosque natural) familia más abundante Hydropsychidae con 167, El Congo, con la familia más abundante Hydropsychidae con 212; La Damita, con la familia más abundante Elmidae con 274
- ✓ El índice de dominancia de Simpson determinó que las quebradas con mayor dominancia y menor diversidad son: El Congo (Intervenido), La Damita (Plantaciones); y La Victoria (Bosque Natural) presentó menor dominancia y mayor diversidad de macroinvertebrados, mientras que el índice de Shannon presentó que la quebrada El Congo (Intervenido) existe más diversidad de familias con mayor número de individuos a diferencia de las quebradas La Victoria (Bosque Natural) y La Damita (Plantaciones) se encontró menor número de familias con menor número de individuos de macroinvertebrados.
- ✓ El índice de Sorensen se obtuvo un grado de similitud más alto en la relación entre las quebradas El Congo (Intervenido) vs La Damita (plantaciones) y con menor rango de similitud entre las quebradas La Victoria (Bosque Natural) vs El Congo (Intervenido) y La Victoria (Bosque Natural) vs La Damita (Plantaciones).
- ✓ Mediante el índice de calidad de bosque de ribera se obtuvieron los resultados para las tres quebradas; EL Congo con un 30 % "Alteración

fuerte, mala calidad”, La Victoria con un 100 % “Bosque de Rivera sin Alteración”; La Damita con un 60 % “Inicio De Alteración Importante”.

- ✓ Mediante el índice BMWP-COL determinó que la quebrada La Victoria (Bosque Natural), El Congo (Intervenido), La Damita (Plantaciones) presentaron un nivel de calidad de agua que fluctuó en un intervalo, “Regular, Buena y Excelente” respectivamente.
- ✓ El índice IBF-SV obtenido en las quebradas EL Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Natural), La Damita (Plantaciones) registraron un nivel de calidad de agua “Regular-Pobre, Regular, Buena, Muy Buena y Excelente” respectivamente.
- ✓ El IBF-SV determinó mejores resultados en cada una de las quebradas estudiadas, porque considera el número de individuos por familia a diferencia del índice BMWP-COL que solo considera el número de familias, mientras que el índice de ETP registra los órdenes más representativos Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera.
- ✓ De acuerdo con el índice de ETP, el nivel de calidad del agua para los sitios de estudio se situaron en un rango de calidad del agua “Mala, Regular, Buena”.
- ✓ Los valores que se obtuvieron del Oxígeno Disuelto se ubicaron en un intervalo de 5,5 mg/dm³ y 4,1 mg/dm³, lo que significa que estos valores están por debajo de los límites establecidos por el ACUERDO 028 que es no menor a 5 mg/dm³, obteniendo así las condiciones de “Hipoxia y Aceptable”, lo que indica la existencia de muchos organismos acuáticos.
- ✓ Los datos obtenidos de temperatura fluctuaron entre 27,7 °C y 18,4 °C, lo que determinó que se encuentran por debajo del límite máximo permitido por el ACUERDO 028.

- ✓ Los valores obtenidos de conductividad eléctrica se ubicaron en un intervalo de 322 $\mu\text{S/cm}$ y 141 $\mu\text{S/cm}$, lo que indica que el agua de las diferentes quebradas se encuentran fuera del rango de “Agua de montaña” que es de 1 $\mu\text{S/cm}$, pero por debajo del “Agua doméstica” que es de 500-800 $\mu\text{S/cm}$. En general se obtuvieron valores por encima de 100 $\mu\text{S/cm}$.
- ✓ Los valores de sólidos totales disueltos se situaron en un intervalo de 147 mg/dm^3 y 64 mg/dm^3 , lo que significa que los valores máximos y mínimos se encontraron fuera y dentro de límites permisibles establecido por la norma EPA (100 mg/dm^3).
- ✓ Los resultados del parámetro Potencial de Hidrógeno fluctuaron en un intervalo de 8,4 y 6,0: esto indica que están dentro de los límites permitidos por el ACUERDO 028, (6,5 – 9) lo que determina que no existe contaminación de fuentes ácidas o básicas.
- ✓ El caudal fue diferente para las tres quebradas el máximo valor se obtuvo en las quebradas La Victoria (Bosque Natural) agua arriba (48,9 m^3/s) aguas abajo (34,6 m^3/s) y La Damita (Plantaciones) aguas arriba (76,9 m^3/s) aguas abajo (58,2 m^3/s) y el mínimo caudal se presentó en la quebrada El Congo (Intervenido) aguas arriba (12,7 m^3/s) aguas abajo (33,2 m^3/s).
- ✓ Las agrupaciones más abundantes en la clasificación trófica son los Depredadores que están distribuidos en 8 órdenes y 20 familias, seguido de los colectores que se presentaron en 5 órdenes y 14 familias de la muestra total.
- ✓ Con los resultados obtenidos se determinó que la quebrada La Victoria (Bosque Natural) presentó mejor calidad hídrica y mayor familia de macroinvertebrados que las quebradas El Congo (Intervenido) y La Damita (Plantaciones), por lo que se rechaza la hipótesis nula.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario que la comunidad de Murocomba elabore un plan de manejo donde se desarrollen actividades, programas, para mitigar el crecimiento de actividades agrícolas, ganaderas, lo cual; permita conservar el bosque natural de Murocomba ya que es una zona prístina.
- ✓ Es recomendable que a la comunidad de Murocomba se concientice debido a que en la quebrada El Congo, existe intervención antrópica que causa efecto sobre cobertura vegetal, la calidad el agua y el desarrollo de la vida acuática como la de los macroinvertebrados.
- ✓ la utilización de los índices de BMWP-COL, IBF-SV, ETP son técnicos y prácticos para la evaluación de la calidad del agua por eso recomendable utilizarlos en futuras investigaciones.
- ✓ En el área de la quebrada La Damita es posible que los moradores del sector desarrollen un programa de reforestación con plantas nativas del lugar debido a que existe un 60 por ciento de plan introducidas.
- ✓ Realizar una reforestación con especies nativas en las riberas del área El Congo (intervenido) y sus alrededores para que las comunidades de macroinvertebrados tengan mayor disponibilidad de materia orgánica.
- ✓ Se recomienda realizar una investigación en época lluviosa para determinar diferencia entre la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados en las quebradas estudiadas.
- ✓ Fomentar el desarrollo de programa de monitoreo y actividades para la conservación de los recursos naturales en zonas que están siendo amenazadas por el crecimiento de actividades antropogénica.

- ✓ Realizar estudios sobre la clasificación trófica y las asignaciones a grupos dietarios de macroinvertebrados en quebradas del Bosque Protector Murocomba, ya que no existe mucha información sobre este estudio.
- ✓ En la presente investigación se utilizaron los índices dominancia de Simpson, diversidad de Shannon, equidad de Pielou, similitud de Sorensen, cada uno de los antes mencionados determinaron la diversidad, comunidades de macroinvertebrados y sus semejanzas entre las misma, son muy factibles en su aplicación lo que se recomienda su aplicación en futuras investigación.
- ✓ El índice de calidad de bosque de ribera aplicado en las tres quebradas estudiadas presentó que en la quebrada La Damita existe alteración antropogénica por lo es factible concientizar a la comuna de mitigar el uso de suelo en actividades agrícolas y ganaderas, lo cual se recomienda la utilización de este índices para fines facultativos.
- ✓ Se recomienda realizar monitoreo en épocas de verano e invierno durante todo el año poder determinar las comunidades de familias de macroinvertebrados mas predominante en cada época y delimitar una comparación del nivel de calidad de agua en cada una de las quebradas con diferente cobertura vegetal.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. LITERATURA CITADA

Aguirre, J. 2011. Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. Tesis Ing. Ambiental. Cuenca – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Pag. 36.

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. IV simposio del Agua de Andalucía (SIAGA). Vol II, 203-213. Almería, España.

Alba –Tercedor, J.; Sánchez-Ortega, A. 1978. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas basadas en el de Helawell (1978). Limnética 4: 51-56.

Alba-Tercedor, Sánchez-Ortega. 1988. un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de hellawell. Limnetica. Granada. Esp. Pág. 51.

Alba, T; Sánchez, O. 1988. Spanish experience in the use of macroinvertebrates as biological pollution. Universidad del Valle, departamento de procesos Químicos y Biológicos. Cali - Colombia.

Alonso A. & Camargo J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los Ecosistemas fluviales españoles. Ecosistemas. 3:1-12.

Allan, J; Castillo, M. 2007. Stream ecology. Structure and function of running waters. Second. Edition. Springer. p 75-105, 200.

Armitage, P. D., Moss, D., Wright, JF. Y Furse, M. T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters sites. Wat. Res. 17, 333-347.

Arroyo, D. 2007. Evaluación de la calidad de agua de las Fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. *Universidad de San Francisco de Quito*.

Baev, P. V. Y L. D. Penev. 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.

Bernal, C. 2006. Tipos de investigación. Segunda edición. Leticia Gaona Figueroa. México, México. 112p

Bradley, D.C. & S.J. Ormerod. 2002. Long-term effects of catchment liming on invertebrates in upland streams. *Freshwater Biol.* 47: 161-171.

Brack, A. 1986 Ecología de un país complejo. En: Gran Geografía del Perú, Vol 2. Edit. Manfer y Juan Mejía Baca. Lima.

Camargo, J. A. 1995. On measuring species evenness and other associated parameters of community structure. *Oikos*, 74: 538-542.

Carrera, C; Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. 1ra edición. Editorial Eco Ciencia. Quito - Ecuador.

Corbet, P. 1999. Dragonflies Behavior and Ecology of Odonata. University of Edinburgh. Scotland, UK. 828 p.

Courtney, L.A. & W.H. Clements, (2000). Sensitivity to acidic pH in benthic invertebrate assemblages with different histories of exposure to metals. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 19: 112-127.

Chará-Serna, Julián D. Chará¹, María del Carmen Zúñiga, Gloria X. Pedraza, Lina P. Giraldo Ana M. (2011). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ochos quebradas protegidas de la ecorregión cafetera Colombia. *Universitas Scientiarum*, Vol – 15 N°. 1: 27-36.

Chalarca, D; Mejía, R; Aguirre N. 2007. Aproximación a la Determinación del Impacto de los Vertimientos de las Aguas Residuales Domésticas del Municipio de Ayapel, sobre la Calidad del Agua de la Ciénaga, Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 2007; 40:41-58.

Cheshire, K. L, L. Boyero, & R. C. Pearson. 2005. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. *Freshwater Biology* 50: 748–769.

Domínguez-Granda, Peter, G; Niels, P. 2005. Aspectos del ambiente físico-químico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua, *Revista Tecnológica ESPOL*, Vol. 18, N. 1, 127-134 (Octubre, 2005), ISSN : 0257-174.

Cuásquer, E; González, C; Gaybor, A; Jiménez, E; González, C. (2011). Plan de manejo del bosque vegetación protectora “Murocomba” cantón Valencia, provincia de Los Ríos. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*.

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 2001. Acidification and liming of River Vikedal, western Norway. A 20 year study of responses in the benthic invertebrate fauna. *Water Air Soil Pollut.* 130: 1379-1384.

Fernández, R. 2011. Ecosistemas acuáticos. (En línea). España. Ecosistemas acuáticos. Consultado 05 de Octubre del 2013. <http://www.tareasya.com.mx/index.php/tareas-ya/primaria/sexta-grado/ciencias-naturales/1319-Ecosistemas-acu%C3%A1ticos.html>.

Figuerola, R; Valdovinos, C; Araya, E; Parra, O. (2003). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile.

Flanagan, P. 1992. Parameters of water quality. Environmental Research Unit, Irlanda.

Gabriela, M; Claudio, V; Marisol, A; Paula, J; Ricardo, F. (2009). Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, chila central. Hidrobiológica v. 19 N°. 3 México.

Guevara–Cardona, G., C. Jara Senn, M. Mercado & E. Simon. 2006. 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"* 1: 98–105.

Harper, D.A.T. (ed.). 1999. Numerical Palaeobiology. John Wiley & Sons. consultado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/pastmanual.pdf>.

Hurtado, I. y Toro, G. (2001). *Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambio* (4ta ed); Episteme; Valencia-Venezuela.

Hill, M. O. 1997. An evenness statistic based on the abundance-weighted variance of species proportions. *Oikos*, **79**: 413- 416.

Iannacone, J., Mansilla, J. & Ventura, K. 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*. No. 2: 116-124

Jacobsen, D., R. Schultz, & A. Encalada. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology* 38: 247-261

Jacobsen, D. & A. Encalada. 1998. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. *Archiv fur Hydrobiologie* 142 (1): 53-70.

Jill, S; Baron, N; Leroy Poff, L; Angermeier C; Dahm, P; Gleick, NG; Hairston, R; Jackson, C. Johnston, B; Steinman, R; Steinman, A. 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. Ecological Society of America. Washington DC - EEUU.

Lepori, F; A. Barbieri & S.J. Ormerod. 2003. Effects of episodic acidification on macroinvertebrate assemblages in Swiss Alpine streams. *Freshwater Biol.* 48:1873-1885.

Leiva, M. 2004. Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero PeuPeu Comuna de Lautaro IX región de la Araucania. Universidad Católica de Temuco, Facultad de ciencias. Temuco. 111p.

Mafla, M. 2005. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano. 1ra edición. Talamanca - Costa Rica.

Magurran AE. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, Princeton, New Jersey.P. 179-192.

Metcalf A, Eddy J. 1996. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Tomo I. McGraw-Hill/Interamericana S.A. México D.F.

Miliarium Aureum, S.L. (2004). *Indices Globales De Calidad De Las Aguas* . consultado el 01 de Junio de 2014, de <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>.

Moun, C; Moulton, P. 1991. Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in Pacific Northwest and Alaska. EPA (en línea). Consultado el 10 de diciembre del 2014. Disponible en <http://www.co.pierce.wa.us/.../Optimal%20Water%20Quality%20Standard%20for%20Aquatic%20Ecosyst>.

Odum EP. Ecología ed. Interamericana. México. 1972. p. 639.

Hanson, P; Springer, M; Alonso, R. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. Rev. Biol. Trop Vol. 58 suppl. 4 San José Dec.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**: 285-307.

Peet, R. K. 1975. Relative diversity indices. *Ecology*, **56**: 496-498.

Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 165 pp.

Pino, W., Mena, D., Mosquera L., Caicedo P., Palacios, J., Castro A., Guerrero J. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad de agua de la quebrada La Bendición, Municipio de de Quibdo (Chocó, Colombia). *Acta biológica Colombiana*, vol 8, 23.

Prat N.; A. Munné; C. Solà; N. Bonada & M. Rieradevall. 1999. Perspectivas en la utilización de los insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los ríos. Aplicación a ríos mediterráneos. Rev. Soc. Entomol. Argent. 58(1-2): 181-192.

Puente, H. 2013. Calidad del agua del estero Guantupí del cantón Valencia mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados acuáticos). Tesis de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ramírez, S. 2004. Evaluación de los recursos hidroenergéticos (en línea). Lima. Consultado el 3 de marzo del 2013. Disponible en www.solucionespracticas.org.pe/publicaciones/pdf/evaluacionderecursos.pdf.

Roldán G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 170pp.

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia.

Roldan, G, 1988. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Bogotá, Col. Ed. Fondo FEN- Colombia, Colciencias- Universidad de Antioquia. 1, 4, 20, 39, 145, P.p.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín, Antioquia.

Roldán, G; Bohórquez, A; Cataño, R; Ardila, J. 2001. Estudio limnológico del embalse del Guavio. Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas físicas y naturales. 24(90): 25-33.

Richan, P. 2003. Tratamiento de aguas residuales industriales. Fundación universitaria iberoamericana. Paseo García Faria. 29. Barcelona 08005.

Ríos, B. P. 2004. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de dos cuencas altoandinas del Ecuador. Trabajo de Investigación del programa de Doctorado y Diplomado en Estudios Avanzados en Ecología. Universidad de Barcelona. España. 51pp.

Silva, F. L.; D. C. Moreira; G. L. Bochini & S. S. Ruiz. 2007. Desempenho de dois índices biológicos na avaliação da qualidade das águas do Córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, através de macroinvertebrados bentônicos. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 2(3): 231-234.

Sierra Ramirez, C. A. (2011). *Calidad del Agua. Evaluacion y Diagnostico* (Primera ed., Vol. Capitulo 2). Medellin, Colombia: Ediciones de la Universidad de Medellin.

Smith, B. Y J. B. Wilson. 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, 76: 70-82.

Suarez, L; Vidal-Abarca, R; Sánchez-Montoya; Alba-Tercedor, J; Álvarez, M; Avilés, J; Bonada, N; Casas, J; Jáimez-Cuéllar, P; Munné, A; Pardo, I; Prat, N; Rieradevall, M; Salinas, J; Toro, M; Vivas S. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el cálculo del índice QBR. *Limnética* 21(3-4):135-148.

Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía, Almería. (2):203-213.

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente D.E. 3399 R.O. 725, Diciembre 16, 2002 & D.E. 3516 R.O. Edición Especial N° 2, Marzo 31, 2003. Libro VI De la Calidad Ambiental. Anexo 1.

Thompson, R. M. & C. R. Townsend. 2003. Impacts on stream food webs of native and exotic forest: an intercontinental comparison. *Ecology* 84 (1): 145–161.

Hilsenhoff, W. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Department of Entomology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin USA. J.N. Am. Benthol. Soc. 7(1): p 65-68.

Velasco J. 1989. Estudio de los procesos de colonización de medios artificiales por insectos acuáticos en el Sureste Ibérico. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia. p. 502.

Vernon, L. 1985. Water Chemistry. New York: John Wiley and Sons. P. 298-301.

Wilhm J, Dorris C. Biological parameters for water quality criteria. Rev. Bios. 1968. 18(6):477-480.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.

Wilson, M. V. Y A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72: 1055-1064.

CAPITULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Índice de 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%
Puntaje bloque 1	

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%
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%
0	< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50% Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50% Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque
+5	
+5	
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50%
Puntaje bloque 2	

Calidad de la cubierta

Puntuación	
25	Todos los árboles de la vegetación ribereña autóctonos
10	Máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas
5	26-50% de los árboles de ribera son especies introducidas
0	Más del 51% de los árboles son especies introducidas
+10	>75% de los arbustos son especies autóctonas
+5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas
-5	26-50% de la cobertura de arbustos es de especies autóctonas
-10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas
Puntaje bloque 3	

Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación	
25	El canal del río no ha estado modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río Si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes Si hay un basurero permanente en el tramo estudiado
-10	
-5	
-10	
Puntaje bloque 4	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones) QBR total	

Fuente: Suarez *et al.* (2002).

Anexo 2. Niveles de calidad del índice QBR

Nivel de calidad	Valor índice QBR
Muy bueno	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural ≥ 95
Bueno	Bosque ligeramente perturbado 75-90
Moderado	Inicio de alteración importante 55-70
Deficiente	Alteración fuerte 30-50
Malo	Degradación extrema ≤ 25

Fuente: Suarez *et al.*, (2002)

Anexo 3. Hoja para el cálculo del índice EPT%

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		
Pyrallidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
TOTAL		
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	÷ = x 100 = %

ETP	CALIDAD
75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24 %	Mala

Fuente: Carrera y Fierro (2001)

Anexo 4. Puntaje para las familias identificadas en Colombia

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

Puntuación 5	<i>Lepidoptera: Pyralidae</i> <i>Trichoptera: Hydropsychidae; Helicopsychidae</i> <i>Coleoptera: Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae; hydrochidae;</i> <i>Ephemeroptera: Leptohephyidae; Oligoneuriidae; Polymitarcyidae; Baetidae</i> <i>Crustacea: Crustacea</i> <i>Tricladida: Turbellaria</i>
Puntuación 4	<i>Coleoptera: Chrysomelidae; Curculionidae; Halipidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae</i> <i>Diptera: Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae</i> <i>Hemiptera: Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae;</i> <i>Notonectidae</i> <i>Odonata: Calopterygidae, Coenagrionidae</i> <i>Ephemeroptera: Caenidae</i> <i>Hidracarina</i>
Puntuación 3	<i>Coleoptera: Hydrophilidae</i> <i>Diptera: Psychodidae</i> <i>Molusca: Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae;</i> <i>Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae</i> <i>Annelida: Hirudidae; Glossiphonidae, Erpobdellidae</i> <i>Crustacea: Asellidae</i>

Puntuación 2	<i>Diptera: Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae; muscidae; thaumaleidae; ephydriidae</i>
Puntuación 1	<i>Diptera: Syrphidae</i> <i>Oligochaeta: (todas las clases)</i>

Fuente: Roldan, 1998

Anexo 5. Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido BMWP-Col

NIVEL DE CALIDAD	BMWP-Col	Color Representativo
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)

Anexo 6. 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>
1	<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>
		<i>Platystictidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>
2	<i>Odonata</i>	<i>Cordulegasteridae</i>
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>
		<i>Lepidostomatidae</i>
		<i>Odontoceridae</i>
		<i>Xiphocentronidae</i>
3	<i>Blattodea</i>	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>
		<i>Lampyridae</i>
		<i>Ptilodactylidae</i>

4	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptageniidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>
	<i>Bivalvia</i>	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>
	<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>
		<i>Elmidae</i>
		<i>Hydroscaphidae</i>
		<i>Noteridae</i>
		<i>Psephenidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Pleidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Aeshinidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>
		<i>Hydroptilidae</i>
		<i>Leptoceridae</i>
5	<i>Acarina</i>	
	<i>Nematoda</i>	
	<i>Planaria</i>	
	<i>Amphipoda</i>	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Hydraenidae</i>
		<i>Limnichidae</i>
		<i>Litrochidae</i>
	<i>Collembola</i>	
	<i>Diptera</i>	<i>Dixidae</i>
		<i>Tipulidae</i>
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>
		<i>Gelastocoridae</i>
		<i>Mesoveliidae</i>
		<i>Nepidae</i>
		<i>Notonectidae</i>
		<i>Saldidae</i>
		<i>Veliidae</i>
	<i>Lepidoptera</i>	<i>Crambidae</i>
	<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>
		<i>Hydropsychidae</i>
		<i>Philopotamidae</i>
7	<i>Decapoda</i>	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Curculionidae</i>
		<i>Scirtidae</i>
		<i>Staphylinidae</i>
	<i>Diptera</i>	<i>Dolichopodidae</i>
		<i>Empididae</i>
		<i>Simuliidae</i>
		<i>Stratiomyidae</i>
		<i>Tabanidae</i>
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>
		<i>Leptohyphidae</i>

	<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>
		<i>Hebridae</i>
		<i>Naucoridae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>
	<i>Hirudinea</i>	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Planorbiidae</i>
	<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>
		<i>Hydrophilidae</i>
	<i>Diptera</i>	<i>Psychodidae</i>
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>
		<i>Ochteridae</i>
	<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>
		<i>Gomphidae</i>
		<i>Libellulidae</i>
8	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>
		<i>Chironomidae</i>
9	<i>Gastropoda</i>	<i>Physidae</i>
	<i>Diptera</i>	<i>Ephydriidae</i>
		<i>Muscidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>
10	<i>Oligochaeta</i>	
	<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>
		<i>Syrphidae</i>

Fuente: Hilsenhoff (1988)

Anexo 7. Evaluación de la calidad del agua usando el IBF-SV

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

Fuente: Hilsenhoff (1988)

Anexo 8. Valores de concentración de oxígeno disuelto y sus consecuencias en los ecosistemas acuáticos

Para la interpretación de los valores obtenidos en la medición de concentraciones de oxígeno disuelto se empleó la siguiente tabla.

OD	CONDICIÓN	CONSECUENCIAS
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	Adecuado para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	Adecuado para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética

Fuente: Moun y Moulton (1991)

Anexo 9. Valores de conductividad eléctrica de acuerdo al tipo de agua

Para interpretar los valores obtenidos en la medición de la conductividad eléctrica se utilizó la siguiente tabla.

TIPOS DE AGUA	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Agua ultra pura	0,055
Agua destilada	0,5
Agua de montaña	1,0
Agua doméstica	500-800
Max. Para agua potable	1055
Agua de mar	56
Agua salobre	100

Fuente: Vernon (1985)

Anexo 10. 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

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5 - 9	6, 5 - 9	6, 5 - 9, 5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32

Fuente: Anexo 1, Libro VI, TULMAS (Acuerdo Ministerial 028)

**Anexo 11. Macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas del
área de estudio**



Orden: Trichoptera

Familia: Hydropsychidae



Orden: Plecóptera

Familia: Perlidae



Orden: Megaloptera

Familia: Corydalidae



Orden: Coleoptera

Familia: Elmidae



Orden: Coleoptera
Familia: Psephenidae



Orden: Odonata
Familia: Polythoridae



Orden: Tricoptero
Familia: Leptoceridae



Orden: Odonata
Familia: Libellulidae



Orden: Coleoptera



Orden: Coleoptera

Familia: Lutrochidae



Orden: Trichoptera

Familia: Helicopsychidae



Orden: Diptera

Familia: Tipulidae



Orden: Diptera

Familia: Ptylodactylidae



Orden: Coleoptera

Familia: Staphylinidae



Orden: Diptera

Familia: Tipulidae



Orden: Hemiptera

Familia: Ceratopogonidae



Orden: Coleoptera

Familia: Elmidae



Orden: Trichoptera

Familia: Glossosomatidae

Familia: Gerridae



Orden: Odonata

Familia: Coenagrionidae



Orden: Coleoptera

Familia: Hydrophilidae



Orden: Hemiptera

Familia: Naucoridae



Orden: Hemiptera

Familia: Naucoridae



Orden: Ephemeroptera

Familia: Leptoplebiidae



Orden: Ephemeroptera

Familia: Leptohyphidae



Orden: Diptera

Familia: Simuliidae



Orden: Diptera

Familia: Chironomidae



Orden: Diptera

Familia: Dixidae



Orden: Odonata

Familia: Libellulidae



Orden: Odonata

Familia: Coenagrionidae



Orden: Tricoptera

Familia: Hydroptilidae



Orden: Diptera

Familia: Empididae



Orden: Tricoptera

Familia: Calamoceratidae



Orden: Diptera

Familia: Stratiomyidae



Orden: Crustacea

Familia: Trichodactylidae





Orden: Coleoptera

Familia: Elmidae



Orden: Coleoptera

Familia: Elmidae



Orden: Hemiptera

Familia: Mesoveliidae



Orden: Diptera

Familia: Tipulidae



Orden: Isopoda

Familia: Porcellio scabar



Orden: Coleoptera

Familia: Dryopidae



Orden: Odonata
Familia: Calopterygidae



Orden: Lepidoptera
Familia: Cambridae



Orden: Ephemeroptera
Familia: Betidae



Orden: Dipetra
Familia: Tipulidae



Orden: Trichoptera

Familia: Hydrobiosidae



Recoleccion de macroinvertebrados
en las quebradas estudiadas.



Identificacion de macroinvertebrados
en el laboratiro de microbiologia.



Equipo de trabajo