



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
COMO BIOINDICADORES MEDIANTE ÍNDICES PARA EVALUAR
LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RIO COCA PARROQUIA SAN
JOSÉ DE GUAYUSA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: LISBETH MARLENE PADILLA GALEAS

TUTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PHD

Orellana - Ecuador

2017

©2017, Lisbeth Marlene Padilla Galeas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: la **CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES MEDIANTE ÍNDICES PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RIO COCA PARROQUIA SAN JOSÉ DE GUAYUSA**, de responsabilidad de la señorita Lisbeth Marlene Padilla Galeas, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina

PhD.

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Dra. Cumanda Carrera Beltrán

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DOCUMENTALISTA SISBIB

ESPOCH

Yo, **Lisbeth Marlene Padilla Galeas** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

LISBETH MARLENE PADILLA GALEAS

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios padre todo poderoso por las bendiciones derramadas y por otorgarme fuerzas para continuar y nunca dejarme abatir por las adversidades presentadas a lo largo de este camino.

A mi hija Ladimen Valenina, quien han sido la fuente de mi inspiración, mi gran motor para continuar minuto a minuto, estando presente en mis pensamientos en todo momento y lugar, siendo un pilar fundamental para poder surgir y salir adelante día tras día.

A mis padres Ladimen Marlene y Wilson Ivan por ser los mejores padres del mundo, por todo su apoyo incondicional en todo momento, y sus consejos oportunos que me ayudaron a superar todos los problemas que se han presentado a largo de este camino, por enseñarme a ser mejor persona y por estar conmigo en los momentos que los necesito, los cuales tendré presentes toda mi vida.

A Saúl, por ser mi compañero durante esta etapa y brindarme fuerzas en los momentos que lo necesitaba y por obsequiarme el regalo más grande.

A todos mis familiares, Amigos, y personal del GADMFO, que estuvieron presentes a lo largo de esta maravillosa etapa de mi vida con quienes he compartido alegrías y tristezas.

Lisbeth Padilla

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Bendito Padre Celestial Todo Poderoso por su infinito amor, por la fortaleza que me dio en todo el camino de mi vida Universitaria, escuchando las oraciones de gratitud y no dejarme derrumbar en los momentos más difíciles.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ciencias Químicas Carrera de Biotecnología Ambiental, lugar donde recibí los conocimientos necesarios que me ayudaron a crecer como persona y formarme como profesional de excelencia.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana, representado por la Abg. Anita Rivas, por abrirme las puertas para realizar el presente trabajo, brindándome todo el apoyo necesario para la ejecución del mismo.

A la Dra. Cumanda Carrera, quien dedico tiempo y esfuerzo para el desarrollo del presente trabajo siendo un pilar fundamental para la finalización del presente trabajo.

A mi Director de Tesis, el Ing. Hannibal Brito PhD, por guiarme sabiamente y por compartir sus conocimientos y experiencia que aportaron para la culminación de este proyecto.

Lisbeth

Abreviaturas

a	Número de especies que están representadas sólo por un único individuo en la muestra.
BMWP	Biological Monitoring Working Party
b	Número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra.
cc	Centímetro Cúbicos
°C	Grados Centígrados
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
GADMFO	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana
H'	Contenido de la información de la muestra o índice de diversidad
INEC	Instituto nacional de Estadística y Censo
Labsu	Laboratorio de Suelos
Ln	Logaritmo natural
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del Mar
mm	Milímetros
N	Muestra.
Ni	Número de individuos de una especie
Pi	Proporción de individuos de la especie
PMM1_RC	Punto de Muestreo 1_Río Coca
PMM2_RC	Punto de Muestreo 2_Río Coca
PMM3_RC	Punto de Muestreo 3_Río Coca
S	Número de especies de la muestra.
%	Porcentaje
WGS	World Geodetic System
Σ	Sumatoria

TABLA DE CONTENIDO

INDICE.....	VI
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes de la investigación	4
1.2 Bases teóricas	5
<i>1.2.1 El Agua</i>	<i>5</i>
1.2.1.1 Ecosistemas acuáticos.....	5
1.2.1.2 Interacción de los ecosistemas acuáticos	5
1.2.1.3 Hábitats lénticos	6
1.2.1.4 Hábitats lóticos.	6
1.2.2 Métodos biológicos para la evaluación de la calidad del agua	6
1.2.2.1 Métodos ecológicos.	7
1.2.2.2 Métodos fisiológicos y bioquímicos.	7
1.2.2.3 Bioacumulación.	8
<i>1.2.3 Indicador Biológico.</i>	<i>9</i>
1.2.3.1 Principios de la bioindicación.....	9
1.2.3.2 Principios para la selección de un bioindicador.....	10
1.2.3.3 Ventajas de los indicadores biológicos.....	10
1.2.4 Organismos utilizados como bioindicadores.	11
1.2.4.1 Bacterias.	11
1.2.4.2 Protozoos.	12
1.2.4.3 Fitoplancton.	12
1.2.4.4 Macrófitas.....	12
1.2.4.5 Peces.....	12
1.2.4.6 Macroinvertebrados.	13
1.2.5 Índices utilizados para evaluar la Calidad del Agua	18
1.2.5.1 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera).....	18

1.2.5.2	Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party).....	18
1.2.6	Muestreo De Macroinvertebrados Acuáticos	18
1.2.6.1	Método para la recolección de macroinvertebrados en aguas poco profundas.....	18
1.2.6.2	Método para la recolección de macroinvertebrados en aguas profundas	19

CAPITULO II

2.1	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.	20
2.2	Puntos De Muestreo.....	21
2.3	Muestreo	23
2.3.1	Muestreo de macroinvertebrados.....	23
2.3.1.1	Materiales.	24
2.3.1.2	Metodología.....	24
2.3.2	Determinación de macroinvertebrados a través del índice EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA).....	25
2.3.2.1	Materiales.	25
2.3.2.2	Equipo.....	25
2.3.2.3	Metodología.....	25
2.3.3	Determinación de macroinvertebrados a través del índice BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY).....	26
2.3.3.1	Materiales.	26
2.3.3.2	Equipos.	26
2.3.3.3	Metodología.....	26
2.3.4	<i>Índices de diversidad.</i>	28
2.3.4.1	Programa.....	28
2.3.4.2	Equipos	28
2.3.4.3	Índice de Diversidad de Shannon.	28
2.3.4.4	Índice de Chao 1	29
2.3.5	<i>Abundancia</i>	29
2.3.5.1	Abundancia Total	29
2.3.5.2	Abundancia Relativa.....	29
2.3.6	Índice de Similitud (Clúster).	30
2.3.6.1	Programa.....	30
2.3.6.2	Equipos	30

2.3.6.3	Metodología.....	30
CAPITULO III.....		31
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1.1	<i>Cálculos para el índice EPT.....</i>	31
3.1.1.1	Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de mayo del 2016.....	31
3.1.1.2	Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de octubre del 2016.....	32
3.1.1.3	Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de febrero del 2017.....	33
3.1.1.4	PROMEDIO DEL INDICE EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA Y TRICHOPTERA) DE LOS PUNTOS MUESTREADOS.....	33
3.1.1.5	Análisis de resultados.....	34
3.2	RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS A TRAVES DEL ÍNDICE BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP).	35
3.2.1.2	Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_R y PMM3_RC para el mes de octubre del año 2016.....	36
3.2.1.3	Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_R y PMM3_RC para el mes de febrero del año 2017.....	37
3.2.1.4	Promedio del Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) de los puntos muestreados.....	38
3.2.1.5	Análisis de resultados.....	39
3.3	Resultados de los índices de	39
3.3.1	Índice de Diversidad de Shannon.....	39
3.4	Resultados de la Abundancia.....	41
3.4.1.1	Resultados de la abundancia total para el mes mayo del 2016.....	41
3.4.1.2	Resultados de la abundancia total para el mes octubre del 2016.....	44
3.4.1.3	Resultados de la abundancia total para el mes febrero del 2017.....	47
3.4.2.1	Resultados de la abundancia Relativa para el mes de mayo del 2016.....	50
3.4.2.2	Resultados de la abundancia Relativa para el mes de octubre del 2016.....	52
3.4.2.3	Resultados de la abundancia Relativa para el mes de febrero del 2017.....	53
3.5	Resultados del Índice De Similitud (Cluster)	54
3.6	Análisis ANOVA	58

CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	62
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Condiciones meteorológicas de Francisco de Orellana.....	20
Tabla 2-2:	Puntos muestreados.....	24
Tabla 3-2:	Categorías de calificación índice EPT.....	25
Tabla 4-2:	Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP.....	26
Tabla 5-2:	Categorías de calificación, aguas naturales clasificadas según el índice BMWP.....	27
Tabla 6-2:	Categorías de calificación del índice de Shannon.....	28
Tabla 1-3:	Resultados del índice EPT para el mes de mayo del 2016.....	31
Tabla 2-3:	Resultados del índice EPT para el mes de octubre del 2016.....	32
Tabla 3-3:	Resultados del índice EPT para el mes de febrero del 2017.....	33
Tabla 4-3:	Promedio del índice EPT.....	33
Tabla 5-3:	Resultados del índice BMWP para el mes de mayo del 2016.....	34
Tabla 6-3:	Resultados del índice BMWP para el mes de octubre del 2016.....	35
Tabla 7-3:	Resultados del índice BMWP para el mes de febrero del 2017.....	36
Tabla 8-3:	Promedio del índice BMWP por punto de muestreo.....	37
Tabla 9-3:	Valores de riqueza, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados en el mes de Mayo 2016.....	39
Tabla 10-3:	Valores de riqueza, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados en el mes de Octubre 2016.....	39
Tabla 11-3:	Valores de riqueza, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados en el mes de Febrero 2017.....	39
Tabla 12-3:	Valores promedios de riqueza, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados en el Río Coca.....	40
Tabla 13-3:	Valores estimados de diversidad para los macroinvertebrados acuáticos para el mes de Mayo del 2016.....	41
Tabla 14-3:	Valores estimados de diversidad para los macroinvertebrados acuáticos para el mes de Octubre del 2016.....	41
Tabla 15-3:	Valores estimados de diversidad para los macroinvertebrados acuáticos para el mes de Febrero del 2017.....	41
Tabla 16-3:	Valores estimados de diversidad en promedio para los macroinvertebrados acuáticos en el área de muestreo.....	41
Tabla 17-3:	Resultados ANOVA para el índice EPT.....	57

Tabla 18-3	Resultados ANOVA para el índice BMWP.....	58
------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Ubicación geográfica de la Parroquia San José de Guayusa	21
Figura 2-2: Ubicación geográfica los puntos muestreados en la Parroquia San José de Guayusa....	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Porcentaje promedio del índice EPT para los puntos muestreados.....	34
Gráfico 2-3:	Porcentaje promedio del índice BMWP para los puntos muestreados.....	38
Gráfico 3-3:	Número de especies, familias y órdenes de macroinvertebrados mes de mayo.....	41
Gráfico 4-3:	Número de especies de macroinvertebrados por órdenes.....	41
Gráfico 5-3:	Número de especies de macroinvertebrados por familia.....	42
Gráfico 6-3:	Número de especies de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	42
Gráfico 7-3:	Número de individuos de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	43
Gráfico 8-3:	Número de especies, familias y órdenes de macroinvertebrados.....	44
Gráfico 9-3:	Número de especies de macroinvertebrados por órdenes.....	44
Gráfico 10-3:	Número de especies de macroinvertebrados por familia.....	45
Gráfico 11-3:	Número de especies de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	46
Gráfico 12-3:	Número de individuos de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	46
Gráfico 13-3:	Número de especies, familias y órdenes de macroinvertebrados.....	47
Gráfico 14-3:	Número de especies de macroinvertebrados por órdenes.....	48
Gráfico 15-3:	Número de especies de macroinvertebrados por familia.....	48
Gráfico 16-3:	Número de especies de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	49
Gráfico 17-3:	Número de individuos de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	50
Gráfico 18-3:	Abundancia relativa de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	50
Gráfico 19-3:	Curva de abundancia-diversidad de especies de macroinvertebrados.....	51
Gráfico 20-3:	Abundancia relativa de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	51
Gráfico 21-3:	Curva de abundancia-diversidad de especies de macroinvertebrados.....	52
Gráfico 22-3:	Abundancia relativa de macroinvertebrados por sitio de muestreo.....	53
Gráfico 23-3:	Curva de abundancia-diversidad de especies de macroinvertebrados.....	53
Gráfico 24-3:	Clúster de Similaridad de macroinvertebrados en los 3 puntos de muestreo para el mes de mayo 2016.....	54
Gráfico 25-3:	Clúster de Similaridad de macroinvertebrados en los 3 puntos de muestreo para el mes de Octubre 2016.....	55
Gráfico 26-3:...	Clúster de Similaridad de Macroinvertebrados en los 3 Puntos de Muestreo para el mes de Febrero 2017.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A....Manual de monitoreo los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Agua

Anexo B....Lugar de muestreo

Anexo C....Recolección de Muestras con la Red Surber

Anexo D....Recolección de Macroinvertebrados

Anexo E....Modelo de Fichas de campo utilizadas para la investigación en cada uno de los puntos

Anexo F....Investigación de los Macroinvertebrados recolectados con el estéreo-microscopio Snell

Anexo G....Macroinvertebrados presentes en las muestras

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar los macroinvertebrados acuáticos presentes en el Río Coca Parroquia San José de Guayusa, Provincia de Orellana. Se tomaron tres puntos referenciales considerando el EIA de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia San José de Guayusa desarrollado en el año 2012, donde el PMM1_RC se lo realizó en el punto de descarga; el PMM2_RC, 1500 m aguas arriba y el punto PMM3_RC 500 m aguas abajo; en cada punto se realizó 10 repeticiones; para tomar las muestras se utilizó una Red Surber, de 30 X 30 cm, con un ojo de malla de 0,5 a 1 mm, pinzas entomológicas, bandeja de fondo blanco, entre otros. Una vez obtenida las muestras se realizó el conteo de los macroinvertebrados con la ayuda de un estéreo-microscopio Snell, con magnificaciones de 4 x y 10 x, fueron clasificados por familias para su conteo; estos datos fueron aplicados a los índices de Calidad del Agua para la valoración. Con los resultados obtenidos y luego del respectivo análisis se obtuvo que para el índice BMWP en el punto 1 (PMM1_RC) y en el punto 2 (PMM2_RC) la calidad del agua es ACEPTABLE, en el punto 3 (PMM3_RC) la calidad del agua resultó ser CRÍTICA, esto se puede deber a la presencia de actividades antropogénicas, que afectan a los microhabitats.

Aplicando el índice EPT en donde la presencia de especies pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera determinan que la calidad del agua en los tres puntos (PMM1_RC, PMM2_RC, PMM3_RC) muestreados es BUENA. Se recomienda tomar en cuenta para futuros monitoreos las especies pertenecientes a las familias: *Ptilodactylidae*, *Gomphidae*, *Perlidae*, *Hydrobiosidae*, por su alta sensibilidad a las perturbaciones.

Palabras claves: <MACROINVERTEBRADOS> < ÍNDICE BMWP (Biological Monitoring working Party) > < ÍNDICE EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Tricoptera*) > <CALIDAD DEL AGUA> <SAN JOSÉ DE GUAYUSA (PARROQUIA)>

SUMMARY

This research was carried out with the objective characterizing the aquatic macroinvertebrates in the Coca River, San José de Guayusa parish, Orellana province. Three reference points were taken considering the Environmental Impact Study (EIS) from Wastewater Treatment Plant in this parish developed in 2012, where the PMM1_CR (Point of collected Coca river) it was performed in the point discharge, in PMM2_CR 1.500m upstream, and PMM3_CR 500m downstream; each point was performed 10 replicates; To take the samples was used a Red Surber, 30 x 30 cm., with a mesh eye of 0.5 to 1mm., entomological tweezers, white background tray, and others. Once the samples were obtained counting the macroinvertebrates with the aid of a stereo-microscope Snell, with magnifications of 4 x 10 x, were classified by families for the valuation. With the results obtained and after the respective analysis it was obtained that for the BMWP index in 1 (PMM1_CR) and in point 2 (PMM2_CR) the water quality is OK, in point 3 (PMM3_CR) the water quality turned out to be CRITICAL, this may be due to the presence of anthropogenic activities, which affect microhabitats.

Applying the EPT index in which the presence of species belonging to the orders Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera determine that the water quality at the three points (PMM1_CR, PMM2_CR, PMM3_CR) sampled is GOOD. : Ptilodactylidae, Gomphidae, Perlidae, Hydrobiosidae, due to their high sensibility to disturbances are recommended for future monitoring.

Key words: BIOTECHNOLOGY, MACROINVERTEBRATES, WATER QUALITY, INDEX BMWP, INDEX EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), SAN JOSÉ DE GUAYUSA (PARISH) FRANCISCO DE ORELLANA (CANTÓN).

INTRODUCCIÓN

Identificación del Problema

El agua es un recurso indispensable en la vida cotidiana de los seres humanos, a más de ser una fuente vital para todos los seres vivos, en el Ecuador han sido diversas las causas por las cuales se ha visto perjudicado este recurso, la principal es de origen antropogénico ocasionado por descargas de aguas residuales procedentes de ciudades, poblados, comunidades o asentamiento humanos, diversidad de industrias, la utilización de agentes tóxicos y nocivos para la pesca, derrames de petróleo, entre otros factores. (Calles, 2012)

Ecuador es considerado uno de los países más privilegiados en cuanto a la extensa cantidad de agua con la que dispone en todo su territorio. Un informe realizado por Campos et. al. (2014) indica que cada habitante de la vertiente Pacífica del Ecuador tendría una disponibilidad de 4.863,41 m³/habitante/año y cada habitante de la vertiente amazónica una disponibilidad de 172.786,36 m³/habitante/año. Esto es sin duda muy superior a los 1700 m³/habitante/año que se considera el umbral de estrés hídrico a nivel mundial. Sin embargo, la cantidad de agua no siempre es suficiente sobre todo en algunas zonas en las cuales existe una marcada diferencia entre la época lluviosa y la época seca, como en el caso de Manabí, Santa Elena, sur de Esmeraldas y los valles interandinos. (Calles, 2016)

La parroquia San José de Guayusa carece totalmente de agua potable, el abastecimiento de este líquido vital es por medio de vertientes con un 32 %, por agua de pozo con el 11 %, por agua de río con el 17 %; por aguas lluvias con el 13 % y agua entubada con el 27 %, por esta razón, es de gran importancia conocer la calidad del agua del Río Coca, ya que este es uno de los principales recursos hídricos que abastece a la población de este sector. (PDYOT, 2015, p. 7)

JUSTIFICACIÓN

El riesgo de contaminación en el agua hace que sea necesario el control de la presencia de los organismos en el agua. Al determinar qué tipo de organismos están presentes y en que concentración proporciona una información indispensable para conocer la calidad del agua y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamiento de aguas y conservación de ecosistemas. (CYTED, 2012, p. 225)

Los beneficios del uso de herramientas integradoras y no solo las características fisicoquímicas del agua para la medida de su calidad han sido explicitados también en muchos libros y manuales, y forma parte de la legislación de muchos estados. Particularmente interesante es el proceso abierto en la Unión Europea donde la indicación biológica es el núcleo de todo el sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua de sus 27 países, dando incluso a luz a un nuevo concepto, el “Estado Ecológico”, y ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar los indicadores biológicos de calidad del agua. (Prat et al., 2009: pp. 1-26).

La bioevaluación de los macroinvertebrados es especialmente útil para determinar la salud de un río o arroyo. La bioevaluación de los macroinvertebrados es un procedimiento que hace uso de equipos de bajo costo, es válida científicamente si se realiza de manera correcta. (The Nature Conservancy, 2015, p. 129)

Dada la sensibilidad de varias especies entre las más representativas tenemos a: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, donde la presencia de estos indica la calidad del agua ya sea muy buena, buena, regular y mala, pudiendo conocer así en qué estado se encuentra el agua en los puntos monitoreados, debido a que un ligero cambio o la incorporación de contaminantes por actividades antrópicas pueden tener una influencia directa en las poblaciones de macroinvertebrados antes mencionados (De la Cruz, 2015, pp. 19-20).

La aplicación del método para la evaluación de la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados ayudará a determinar en qué condiciones se encuentra actualmente el cuerpo receptor de las descargas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San José de Guayusa que posteriormente se descargan al río Coca y garantizar que estas no alteran el ecosistema acuático.

Los resultados obtenidos de la evaluación de macroinvertebrados determinarán el estado actual del cauce hídrico y servirá de base para aplicar los correctivos necesarios en caso de ser requeridos ayudando a cumplir con la legislación ambiental vigente y garantizando los derechos constitucionales de los ciudadanos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

El presente trabajo podrá servir de referencia para posteriores estudios que impliquen la aplicación del mismo método para evaluar la contaminación de los ríos en condiciones similares a las que se describen en este trabajo.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar la presencia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores mediante índices para evaluar la calidad del agua en el Rio Coca Parroquia San José de guayusa
-

Objetivos Específicos

- Delimitar los puntos de muestreo en función al punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San José de Guayusa
- Evaluar la presencia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores mediante el uso del índice Biological Monitoring working Party (BMWP) y el índice Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera (EPT).
- Comparar las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreo mediante índices de similitud y diversidad.
- Verificar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

Se dice que los primeros bríos por tratar de comprobar los daños ecológicos causados por los residuos domésticos e industriales hacia los cuerpos de aguas se realizaron en el siglo XIX por Kolenati (1848) y Cohn (1853), los mismos que llegaron a concluir que existía una relación entre ciertas especies y el grado de calidad del agua. Mez (1898) utilizó los microorganismos para este mismo propósito. Ya en el siglo XX, Kolkowitz & Marsson (1908, 1909) sembraron las bases del sistema saprobio para Alemania, que actualmente es adoptado en otros países europeos. Patrick (1949, 1950) propuso métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes y Gaufin y Tarzwell (1952), a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de las mismas. En las décadas de los años cincuenta y sesenta comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información. (Roldan, 2003, citado en Álvarez, 2005, p.5)

De acuerdo con el estudio realizado (Manchay, 2009, p. 13,16.) sobre el monitoreo para evaluar la calidad de agua en los ríos yacuchingari y zabala situados en la parroquia Tutupali del cantón Yacuambi menciona que con los resultados se determinó que en la parte alta de los ríos, hay mayor presencia del Orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, que son indicadores de buena calidad de agua. En cambio en las partes bajas varía un poco la cantidad de individuos de estos órdenes, encontrándose así en menor cantidad el orden Hemiptera y Diptera, que son indicadores de aguas medianamente contaminadas. Pero en sí el agua de estos ríos todavía cuenta con una buena calidad de agua.

En la investigación realizada por (Olaya, 2013, pp. 14-15) sobre la evaluación de la calidad de agua de la microcuenca cayamatza del cantón el Pangui, a través del uso de bioindicadores cita; se estableció siete estaciones de monitoreo. Los individuos colectados se identificaron y clasificaron en base a la lámina de Carrera y Fierro (2001), además se usó como referencia la descripción de taxones y guía de identificación de Oscoz, *et al.*(2009); para la valoración del hábitat se utilizó la guía para evaluaciones ecológicas rápida de Mafla (2005); y, para la determinación de los

parámetros físico-químico y microbiológicos, las muestras colectados fueron analizadas en el laboratorio de Aguas y Suelo de la ciudad de Loja. De los análisis físico-químico y microbiológico del agua, en la parte media y baja de la microcuenca los parámetros que sobrepasaron los límites permisibles fueron: amonio, fosfato, sílice y gérmenes totales. Con respecto a los macroinvertebrados acuáticos se registraron 31 familias congregadas en 12 órdenes.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 El Agua

Se considera al agua como uno de los elemento más abundantes del Planeta, siendo de importancia vital para todos los seres vivos que habitan en la misma, Los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la Tierra, es por esa razón que se dice q aproximadamente el 70% del plantea es agua, sin embargo la mayor cantidad de agua existente en el planeta es agua salada y únicamente el 1 % de agua es dulce. (Carrera & Fierro., 2001: pp. 16-17).

1.2.1.1 Ecosistemas acuáticos.

Es un medio líquido dentro del cual interactúan una gran cantidad de organismos vivos que dependen del este recurso para su subsistencia, pudiendo clasificarse en oceánicos que está constituido por sistemas costeros y de aguas abiertas, mientras que los ecosistemas dulceacuícolas o de agua dulce se constituye de ambientes lénticos y ambientes lóticos cada uno de estos clasificado de acuerdo a la profundidad y la velocidad con la que se drenan sus aguas. (IDEAM, 2014, pp. 30-31)

1.2.1.2 Interacción de los ecosistemas acuáticos

Cabe resaltar que todos los sistemas se encuentran ligados a través del ciclo hidrológico puesto que la evaporación del agua que posteriormente cae y se escurre por encima del suelo, que ayudado por la acción de la gravedad, geomorfología, y topografía del lugar conforma inicialmente arroyos y finalmente una cuenca hidrográfica que a su vez deriva en la formación de ecosistemas lénticos, y lóticos los cuales desembocan en el océano. (Ordoñez, 2011, p.8)

1.2.1.3 Hábitats lénticos

Los hábitats de esta clase se caracterizan porque la renovación de sus aguas es bastante lenta pudiendo durar desde un par de años hasta siglos razón por la cual la biodiversidad en estos ecosistemas es mucho más reducida en relación a los hábitats lóticos, y va reduciéndose conforme aumenta la profundidad de los mismos. Los ambientes lénticos están conformados desde las aguas contenidas dentro de algún recipiente, lagos, estanques, y el lecho oceánico. (Hanson *et al*, 2010, citado en Jiménez, 2013; p 22)

1.2.1.4 Hábitats lóticos.

Los ambientes lóticos corresponden a los cuerpos de agua con corriente y tiempos de renovación de sus aguas bastante cortos por lo que estos hábitats resultan bien oxigenados, y en consecuencia existe una gran biodiversidad de macro y macroinvertebrados.

Los macroinvertebrados han desarrollado una gran versatilidad y características aerodinámicas únicas que les permiten habitar aguas con fuertes corrientes y adherirse en los sistemas rocosos de los ríos, la adaptación de estos organismos a un ambiente con altas concentraciones de oxígeno hacen que este elemento sea uno de los factores indispensables para su supervivencia puesto que una gran mayoría de estas especies requieren concentraciones de oxígeno cercanas al punto de saturación. (Smith & Smith, 2007, citado en Jiménez, 2013: p.21)

1.2.2 Métodos biológicos para la evaluación de la calidad del agua

A pesar de que la contaminación de las fuentes hídricas es un problema de carácter biológico en la mayor parte de ocasiones se opta por los análisis físico-químicos para tener una referencia del estado del agua, que aunque son de gran precisión sus resultados únicamente representan características puntuales de una cantidad limitada de contaminantes, mas no la evolución de estos contaminantes en el agua y sus efectos sobre los organismos que habitan en ella.

Los indicadores biológicos constituyen un sistema más completo del pasado y presente que han ocasionado los contaminantes en el agua para lo cual existen tres para su determinación, estos son:

- Métodos ecológicos.
- Métodos fisiológicos y bioquímicos.
- Bioacumulación. (Guevara, 1996, p. 3)

1.2.2.1 Métodos ecológicos.

Actualmente se están estableciendo criterios de calidad ecológica es decir que se mida los niveles de contaminación no por el flujo de contaminante presente en el agua sino más bien por el nivel de afectación que este tiene sobre las poblaciones acuáticas.

Pocos son los casos que toman en cuenta la presencia o ausencia de un solo organismo para determinar la calidad del agua, puesto que en general se toma en cuenta toda la composición de la comunidad o grupo taxonómico que se vayan a estudiar como por ejemplo los macroinvertebrados.

La distribución de los organismos de los hábitats acuáticos está dada por un patrón de referencia dentro del cual muchos organismos pueden estar representados por pocas especies o que análogamente se encuentren pocos organismos de múltiples especies estos patrones se han evidenciado en una gran cantidad de hábitats acuáticos por lo que muchos autores concuerdan en que todas las comunidades siguen una misma distribución logarítmica normal. (Ebro, 2015, pp. 135-136)

1.2.2.2 Métodos fisiológicos y bioquímicos.

Estos métodos se basan en las respuestas de carácter fisiológico o bioquímico de los individuos de una comunidad acuática en un ambiente determinado entre los que más se destacan se puede enunciar:

- Producción y consumo de oxígeno por las comunidades naturales existentes en el cuerpo de agua.
- Respiración y crecimiento de organismos suspendidos en el agua.
- Estudios sobre efectos de las enzimas.
- Evaluación de los efectos tóxicos o benéficos de muestras sobre organismos en condiciones definidas de laboratorio (eco toxicidad o bioensayos).
- Evaluación de los efectos de las aguas y efluentes sobre organismos definidos.

- Análisis de la clorofila por métodos colorimétricos o espectro fotométricos

Se ha presentado especial énfasis en cuanto al metabolismo de respiración como un sistema integrador de todas las funciones fisiológicas de los individuos acuáticos, en base a esto se han realizado diversos ensayos de laboratorio para establecer los niveles tóxicos de los contaminantes en la respiración, sin embargo no se han establecido relaciones concretas con los efectos que se observan en los medios naturales.

Muchos de los ensayos de laboratorio realizados han servido para determinar concentraciones letales, límites de tolerancia y sensibilidad, los cuales pueden servir de alerta temprana para salvaguardar la integridad de ecosistemas acuáticos que estén siendo utilizados como fuente de abastecimiento de agua o plantas de tratamiento de aguas residuales con descarga a cuerpos de agua dulce. (Forero, 2013, p. 371.)

1.2.2.3 Bioacumulación.

La diferencia entre un indicador ecológico y un indicador bioacumulativo es que en el primer caso la contaminación es medida mediante la presencia o ausencia de individuos, mientras que en el otro caso la contaminación se mide por la cantidad de sustancias tóxicas contenidas en los tejidos de los individuos.

El uso de bioindicadores acumulativos presenta amplia ventaja a la hora de evaluar contaminantes de baja concentración en el agua o sedimentos a la vez que, facilita la detección de muchas sustancias tóxicas que tienen tiempos de biodisponibilidad bastante cortos y que no se detectan con análisis físico-químicos.

De acuerdo con (Hellawell, 1986, citado en Marchese, 2005, p-185) menciona que los atributos que debe poseer un bioindicador son:

- Todos los individuos de una especie indicadora deben tener la misma correlación entre la concentración del contaminante en sus tejidos y el promedio de esta concentración en el ambiente, en todos los lugares y bajo todas las condiciones.
- La especie no debe morir al verse sometido a varios niveles de contaminación que se encuentra en el ambiente.

- El organismo debe ser sedentario para asegurar que esté relacionada al área de estudio.
- La especie tiene que ser abundante en todos los lugares y es necesario que tenga una amplia distribución, para hacer comparaciones entre áreas.
- Se prefiere especies de ciclo de vida largo.
- Tiene que ser bastante grande para suministrar suficiente tejido para el análisis.
- La especie debe ser de fácil obtención y tiene que ser bastante robusta para sobrevivir bajo condiciones de laboratorio y para evacuar el contenido del estómago.

1.2.3 Indicador Biológico.

Se denomina como indicador biológico aquel organismo cuya presencia o carencia denota un estado del medio donde habita, es decir que puede utilizarse para determinar las condiciones de su hábitat al evaluar el número de individuos por especie o de comunidades presentes en el agua.

En muchos de los casos las comunidades más sensibles a la contaminación tienden a reducir sus poblaciones de manera significativa haciendo que otros organismos tolerantes tomen el lugar de las comunidades desplazadas de esta forma un indicador biológico denota la calidad del agua y la evolución de los contaminantes alrededor del tiempo. (Arce, 2006, citado en Vergara, 2009, p. 22).

1.2.3.1 Principios de la bioindicación.

Los efectos de un contaminante en un ecosistema acuático van dados en función de la magnitud, tiempo, intensidad y naturaleza con la que el contaminante impacte el medio. La perturbación que produce en los organismos autóctonos va desde respuestas individuales producto de la acción directa o respuestas colectivas de toda la población producida por la acción indirecta.

Conforme pasa el tiempo y si los efectos del contaminante son constantes se pasa de respuestas individuales a respuestas de toda una comunidad, e incluso de todo un ecosistema, es decir los organismos capaces de soportar las condiciones adversas del medio y que se adapten a ello aunque esto implique un gran gasto metabólico se pueden tomar en cuenta como bioindicadores.

1.2.3.2 Principios para la selección de un bioindicador.

Antes de elegir un bioindicador se debe determinar el tipo de contaminación y el factor ambiental que se desea analizar en el agua, ya que todos los organismos que habitan en este ecosistema son bioindicadores de algo en particular, y tomando en cuenta que existe una gran diversidad de especies de la cual se puede tomar referencia, los recursos siempre son limitados razón por la que se debe optar por seleccionar aquellos que son potencialmente favorables para el problema que se desea analizar.

Para la correcta selección de un organismo bioindicador se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ser fáciles de identificar, es decir que no puedan confundirse taxonómicamente con otras especies ya que esto ocasiona una interpretación errónea de los datos.
- Presentar facilidad de muestreo, sin que esto implique la utilización de equipos sofisticados y de alto costo.
- De fácil cultivo en laboratorio, para facilitar la obtención de datos experimentales con respecto a la respuesta frente a los poluentes.
- Deben tener la capacidad de acumular contaminantes de modo fácil, para así poder relacionar su distribución con los niveles de contaminantes.
- Presentar relevancia económica, es decir que pueda considerarse tanto como recursos, plagas o pestes.
- Presentar una distribución cosmopolita, debido a que muchas especies con requerimientos específicos y baja distribución generalmente no son indicadores de perturbación ambiental.
- En lo posible presentar una baja variabilidad, en lo que se refiere a su genética y a su función dentro del nicho donde se encuentran.

Tomando en cuenta todas estas características se debe proceder a la selección de la especie que aporte la mayor cantidad de las características mencionadas para que su análisis refleje el verdadero estado en el que se halla el cuerpo de agua. (Hallawell, 1986, citado en Herbas, 2006, p. 5).

1.2.3.3 Ventajas de los indicadores biológicos

El empleo de bioindicadores presenta múltiples ventajas de las que se pueden mencionar:

- Gracias a los procesos de acumulación de los organismos biológicos se pueden obtener panoramas completos de la interacción y efectos de los contaminantes en los ecosistemas y poblaciones acuáticas, que no se pueden obtener con los análisis físico-químicos.
- Permite la detección de nuevos contaminantes que van apareciendo conforme pasa el tiempo o que surgen de la combinación de dos contaminantes.
- Se puede determinar el nivel de contaminación ambiental en base al nivel de contaminación de las sustancias acumuladas dentro de un organismo debido a que existe una relación directamente proporcional entre las dos variables.
- Se minimizan los costos de valoración, puesto que al seleccionar las especies adecuadas se desechan una gran cantidad de datos difíciles de manejar e interpretar.
- A más de servir para la identificación de contaminantes orgánicos e inorgánicos también se los puede utilizar para la determinación de otros parámetros que no son de origen natural como torrencialidad, condiciones de anoxia, etc. (Herbas, 2006, p. 4).

1.2.4 Organismos utilizados como bioindicadores.

Existe una amplia gama de organismos que sirven como indicadores biológicos de los se destacan bacterias, protozoos, fitoplancton, macrofitas, peces, y macroinvertebrados, cada uno posee cualidades específicas que se detallan a continuación: (Castro et al., 2006: p. 41-48)

1.2.4.1 Bacterias.

Este tipo de indicadores se utiliza especialmente para la determinar la calidad de los cuerpos hídricos receptores de descargas provenientes de aguas de uso doméstico y que pueden conllevar a la propagación de enfermedades, por lo cual es necesario establecer los índices de contaminación fecal mediante el conteo de coliformes, estreptococos, etc.

Una de las ventajas que presentan los indicadores bacteriológicos es que en la actualidad se cuenta con una gran variedad de métodos para el aislamiento y cultivo de bacterias fecales, Sin embargo una de las limitaciones que presenta este método es el tiempo en que se obtienen los resultados que puede ir desde días hasta semanas, e incluso al interpretar los resultados no se puede garantizar que todas las células bacterianas sean viables o que se trate de partículas del mismo tamaño. (Larrea et al., 2013, pp. 24-34)

1.2.4.2 Protozoos.

Son de fácil cultivo y aislamiento pero una de las limitaciones radica en que se requiere una amplia experiencia para la identificación taxonómica de estos organismos. Además de que la distribución de sus poblaciones es bastante dispareja lo cual impide que se puedan obtener muestras representativas. (Pullés, 2014, pp.25-36)

1.2.4.3 Fitoplancton.

Son utilizadas principalmente para el estudio del enriquecimiento orgánico tanto en ríos y en lagos, también son fáciles de muestrear y se las puede utilizar para realizar diseños experimentales dentro del laboratorio. Pero pese a su versatilidad presentan ciertas limitaciones, debido a su alta sensibilidad no se las puede utilizar para la determinación de metales pesados y biocidas además de que en muchos de los casos resulta difícil la obtención de muestras cuantitativas. (CAPMA, 2012)

1.2.4.4 Macrófitas

Este tipo de bioindicadores lo componen las plantas pluricelulares como las fanerógamas y musgos las cuales tienen como característica principal habitar en los lechos de los ecosistemas acuáticos, gracias a su ubicuidad permanente son fáciles de muestrear y ayudan a conocer las condiciones del sustrato, geología del lugar e influencia del clima sobre la vegetación. (Arcos et al., 2002, p. 3)

1.2.4.5 Peces

Son considerados un grupo de bioindicadores fáciles de muestrear por cualquier grupo interesado, al presentar una gran movilidad dentro del ecosistema acuático debido a que son capaces de huir de la contaminación y regresar cuando esta ha desaparecido es decir que cuando existe una gran densidad de especies de peces denota un ecosistema poco alterado.

Una de las ventajas más significativas es que son una de las especies acuáticas de las que mayor información se tiene, como limitaciones para usar este tipo de bioindicadores es que se requiere de mucho recurso humano para muestrearlo, además de la dificultad que presenta la toma de muestras representativas en cuerpos de agua que presenten profundidades considerables y alta velocidad de corriente. (Aguilar, 2005, p.5)

1.2.4.6 Macroinvertebrados.

Los macroinvertebrados son uno de los organismos acuáticos más utilizados para la determinación de la calidad de los ecosistemas de agua dulce tanto en ríos como en lagos, debido a que son relativamente sedentarios y la contaminación incide directamente sobre ellos.

Para su muestreo se puede utilizar redes con diámetros de luz de malla que va desde 2 mm hasta 30 cm, en su gran mayoría están conformados por artrópodos en un 80 % en su estado larvario y otros insectos. Por su abundancia y distribución son ideales para la evaluación de la contaminación por residuos, agrícolas, industriales, descargas de aguas grises e incluso impactos sobre el suelo que afectan las condiciones del agua superficial.

Debido a que no todos los organismos acuáticos se pueden considerar como bioindicadores, sino solo aquellos que presenten características específicas de adaptabilidad y tolerancia frente a factores externos de cuyos grupos se pueden mencionar a los que están conformados por los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera que son altamente sensibles a cambios dentro de su ambiente. Mientras que organismos de otros ordenes como Chironómidae, Oligoquetos tienen la capacidad de soportar altos niveles de contaminación y llegar a ocupar el lugar de las especies sensibles (Roldan, 1999)

Diversos autores concuerdan en que el uso de macroinvertebrados resulta la alternativa más factible en cuanto a la determinación de calidad del agua por métodos biológicos se refiere por diversas ventajas tales como:

- Facilidad de muestreo
- Alto nivel de sensibilidad
- Fácil aislamiento
- Alto grado de conocimiento sobre su taxonomía
- Costos bajos

Resulta necesario mencionar que a pesar de la influencia que presentan los contaminantes en la distribución de estas especies también existen otro tipo de fenómenos relacionados con el clima, la geografía e incluso la simbiosis que también afectan la densidad de las poblaciones, los cuales

deben irse discriminando oportunamente para que no influyan en mayor grado con la interpretación de datos. (Aguirre, 2011, p. 24)

1.2.4.6.1 Clasificación de los macroinvertebrados.

Los macroinvertebrados se pueden clasificar en base al estrado del ecosistema donde habitan pudiendo diferenciarse los siguientes grupos:

1.2.4.6.1.1 Neuston.

Está comprendido por los macroinvertebrados que habitan en la superficie del agua los cuales presentan la característica de impermeabilidad en todo su cuerpo gracias a que poseen un revestimiento de cera lo cual les permite moverse con libertad, venciendo la tensión superficial del agua los principales representantes son las familias Gerridae, Hidrometridae y Mesoveliidae.

1.2.4.6.1.2 Bentos.

Al contrario de los anteriores los bentos comprenden los macroinvertebrados que habitan en el fondo del ecosistema acuático ya sea en el sustrato, adheridos a rocas, restos de vegetación, e incluso a varios centímetros del fondo donde viven enterrados. De acuerdo con (Barbour, 1999) estos ordenes comprenden Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera.

Además las familias Euthyplociidae Ephemeropter las mismas que viven bajo el sustrato, existen otras familias que se encuentran adheridas fuertemente a las rocas. La ventaja del análisis de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos es que pueden dar condiciones tanto del agua como del sustrato donde habitan. (Hanson et al., 2010, p28.)

1.2.4.6.2 Ordenes de los macroinvertebrados.

1.2.4.6.2.1 Orden Plecóptera.

Son organismos característicos de aguas bien oxigenadas, poseen la característica de respirar a través de agallas que se encuentran ubicadas en su abdomen o en la parte posterior de su cola, a pesar de no ser buenas nadadoras se desplazan con facilidad entre las rocas, arena, y el detritus incluso en aguas con corrientes rápidas.

Se alimentan de perifiton que constituye un tipo de algas hongos bacterias y animales microscópicos aunque suelen alimentarse de carne de otros animales y detritus en su mayoría. Aunque son organismos de aguas bien oxigenadas en ocasiones se pueden encontrar en lagos con considerables oleajes, a pesar de que su presencia denota ecosistemas poco alterados por lo que se los conoce como insectos de agua limpia.

1.2.4.6.2.2 Orden Ephemeroptera.

Reciben su nombre gracias al tiempo que habitan en el agua, el cual es bastante corto, puesto que va desde los 3 minutos hasta los cinco días, es decir que es “efímera” en este tiempo alcanzan su edad reproductiva y depositan sus huevos en la superficie ya que estos tienen la característica de fijarse fuertemente en cualquier sustrato.

Poseen agallas ubicadas en la parte abdominal las cuales difieren tanto en número, como en forma, dependiendo de la especie, son característicos de aguas limpias con buena oxigenación, suelen tolerar niveles muy bajos de contaminación por lo que son buenos indicadores de alteración del agua por factores externos.

1.2.4.6.2.3 Orden Trichoptera.

Los trichopteros son organismos muy sensibles a los descensos de pH por lo que son los primeros macroinvertebrados en desaparecer cuando este desciende a niveles inferiores a 6, otra de las características de este orden es que suelen formar pequeños habitáculos o refugios los cuales les proporcionan protección cuando están en estado larval y luego estos refugios son utilizados por otros organismos de estructura frágil.

Viven en ambientes lóticos gracias a que sus vainas se encuentran adheridas a las rocas por una especie de seda, que secretan en estado larval y les sirve para habitar en ríos con corrientes considerables poniendo en evidencia su alto requerimiento de oxígeno para su subsistencia.

1.2.4.6.2.4 Orden Coleóptera.

Poseen un par de alas denominados élitros que protegen un segundo par de alas, su cuerpo es compacto. Pueden habitar tanto en ambientes lóticos como lénticos, poseen antenas medianamente grandes que difieren en tamaño y cantidad de segmentos, sus mandíbulas son notables a simple vista y sirven para diferenciar las especies y los nichos ecológicos.

Los coleópteros constituyen un eslabón fundamental dentro de la cadena alimenticia, tanto de peces como de anfibios, aunque no se los considera dentro del índice EPT son buenos indicadores de aguas no contaminadas.

1.2.4.6.2.5 Orden Hemiptera.

También se los conoce como chinches de agua, los mismos que son caracterizados por contar con un pico en lugar de las mandíbulas que posee la mayoría de los macroinvertebrados, son uno de los órdenes más significativos alrededor del mundo, sin embargo su densidad es mayor en zonas tropicales. Su dieta es variada e incluye desde insectos, hasta peces de menor tamaño, aunque también pueden ser carroñeros dentro de su habitat, por lo que su presencia dentro de los ecosistemas acuáticos es fundamental. Su importancia para los seres humanos radica en que dentro de su alimentación se encuentran las larvas de los mosquitos y por consiguiente también constituyen el alimento de los peces lo cual proporciona beneficios económicos para el hombre y control de vectores de ciertas enfermedades. Las especies de este orden son capaces de soportar cierta salinidad e incluso soportar temperaturas moderadas por lo que se han encontrado algunos especímenes en aguas termales.

1.2.4.6.2.6 Orden Lepidoptera.

Debido a que la mayoría de representantes de este orden son terrestres por lo que en el pasado han sido excluidos como bioindicadores de la calidad del agua, actualmente se los ha vuelto a considerar como importantes fuentes de información para determinar los efectos de los contaminantes en su habitat. Se ha evidenciado que la mayoría de especies de lepidópteros desarrollan su estado larval dentro del agua, aunque también existen especies totalmente acuáticas. Presentan patas en su tórax y agallas a nivel del abdomen, se alimentan de vegetación acuática por lo que son considerados controladores de maleza sumergida siendo característicos de aguas bien oxigenadas.

1.2.4.6.2.7 Orden díptera

Representa uno de los órdenes más evolucionados al igual que los lepidópteros y los trichopteros, su respiración es variada dependiendo de la especie ya que puede ser realizada por agallas traqueales hasta por pigmentos en su piel los cuales les permiten sobrevivir cuando la disponibilidad de oxígeno es escasa tienen gran importancia para el hombre tanto en el aspecto económico como en la salud misma ya que son transmisores de enfermedades de impacto significativo como el dengue la fiebre amarilla entre otros.

Puesto que su orden es bastante complejo y variado pueden ser indicadores tanto de condiciones favorables como adversas por lo cual es de mucha importancia establecer en primer lugar la condición que se desea evaluar y la especie que se va a utilizar. (CORTOLIMA, 2006)

1.2.5 Índices utilizados para evaluar la Calidad del Agua mediante el uso de macroinvertebrados

1.2.5.1 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera)

Este método se basa en la utilización de tres grupos de macroinvertebrados que son altamente sensibles a la presencia de contaminantes de origen orgánico.

Estos grupos pertenecen a los Ordenes de: *Ephemeroptera* (mosca de mayo), *Plecóptera* (mosca de Piedra) y *Trichoptera* (friganos).

1.2.5.2 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

A diferencia del índice anterior se utilizan un mayor número de especies las cuales se van clasificando hasta el grado de familia y posteriormente se les asigna un valor de acuerdo con la sensibilidad a los contaminantes que va desde 1 hasta 10 los valores más elevados como por ejemplo 10 representan organismos de alta sensibilidad mientras que organismos con valores bajos son altamente tolerantes a la contaminación.

Una vez que se han asignado los valores a cada familia, se realiza la sumatoria para obtener un valor total conocido como BMWP, la interpretación del resultado es sencilla ya que los valores altos indican aguas poco alteradas mientras si el valor de la sumatoria total es bajo el río presenta aguas bastante contaminadas. (Carrera & Fierro, 2001, pp. 43, 45)

1.2.6 Muestreo De Macroinvertebrados Acuáticos

1.2.6.1 Método para la recolección de macroinvertebrados en aguas poco profundas

Se considera aguas poco profundas a los sistemas hidrográficos cuyo fondo se puede alcanzar sin necesidad de sumergirse y por consiguiente el muestreo se puede realizar con el uso de redes

manipulables. Es importante mencionar que antes de la recolección de muestras se debe identificar el sustrato contenido en el fondo del sistema ya que esto ayudara a la elección de las herramientas adecuadas para la recolección de macroinvertebrados.

Existen diversos métodos de recolección dependiendo del tipo de sustrato sin embargo uno de los más versátiles es el de la red de patada que básicamente consiste en agitar el sustrato del fondo mediante medios externos y luego con la red en contracorriente atraparlos mientras estos se encuentran suspendidos en el agua.

Con la muestra recolectada se los deposita en una bandeja color blanco para visualizar de mejor manera los macroinvertebrados que se hayan atrapado, y con la ayuda de pinzas entomológicas son separados y colocados en recipientes que contienen alcohol etílico al 70 % mismas que son transportadas para su posterior identificación en el laboratorio.

1.2.6.2 Método para la recolección de macroinvertebrados en aguas profundas

Puesto que el muestreo no se puede realizar con facilidad se requiere la utilización de dragas e incluso de botes para obtener muestras representativas en lugares donde el acceso al fondo del lecho es limitado, el proceso consiste básicamente en bajar la draga diseñada específicamente la recolección de sustratos suaves por medio de un cable por lo tanto el muestreo resulta cuantitativo.

Una vez recolectada la muestra se traslada al laboratorio de manera individual para su posterior análisis una de las principales limitaciones de este método es el alto costo requerido para recolectar la muestra. (Ramírez, 2010, p.18)

CAPITULO II

2 METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.

El área de estudio está ubicada en la Provincia de Orellana, en la Parroquia de Guayusa en la región amazónica ecuatoriana, dentro del río Coca, el mismo que desemboca en el río Napo.

La Parroquia San José de Guayusa cuenta con una población de 1951 habitantes según el último censo del 2010, donde se considera que el 68,63 % de los habitantes son indígenas en su mayoría de la etnia Kichwa y shuar, los cuales se encuentran distribuidas en 16 comunidades, las mismas que habitan en las orillas del Río Coca.

Se considera que la mayor actividad económica del lugar es la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con un 74,58 %, seguido por la administración pública con un 5,25 %, y por último las enseñanzas con un 3,73 %, esto según el último censo de población y vivienda en el año 2010.

En la provincia de Orellana se tiene las siguientes condiciones meteorológicas:

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas de Francisco de Orellana.

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura	29,5	°C/año
Humedad	88	%/año
Precipitación	2500 a 3800	mm/año
Topografía	254 a 300	m.s.n.m.

FUENTE: INAMHI, 2016

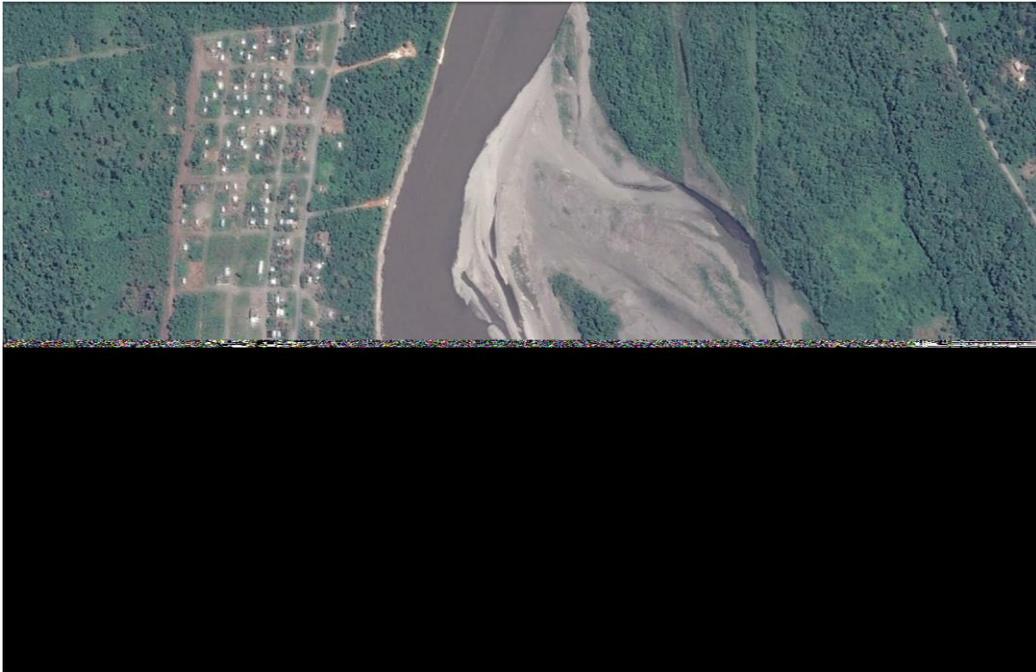


Figura 1-2: Ubicación geográfica de la Parroquia San José de Guayusa

FUENTE: Google Earth, 2016

2.2 Puntos De Muestreo

El área de estudio abarca 3 puntos de muestreo a orillas del Río Coca, establecidos a lo largo de 2 km aproximadamente. El primero punto se ubica en el punto de descarga de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia San José de Guayusa la misma que es descargada al Río Coca; el segundo punto debido a condiciones de campo no aptas, puesto que se registró actividades de dragado, lo cual altera los microhábitats que comúnmente son usados por la fauna acuática la toma de muestras se realizó a 1500 m río arriba, y finalmente el tercer punto se ubicó 500 metros río abajo, tomando como referencia la planta de tratamiento de Aguas residuales de la Parroquia.

Tabla 2-2: Puntos Muestreados

Tipo de Hábitat	Codificación de puntos de muestreo	Coordenadas WGS84		Altitud
		X	Y	m. s. n. m.
Este sitio de muestreo corresponde al sitio de descarga de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento hacia al Río Coca, en sus alrededores se puede observar áreas de cultivo y actividades de dragado. Sustrato arenoso.	PMM1_RC	271040	9971765	281
Este sitio de muestreo presenta sustrato de piedra y arena.	PMM2_RC	271129	9973490	281
Este sitio de muestreo presenta sustrato de piedra.	PMM3_RC	271129	9971344	275

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

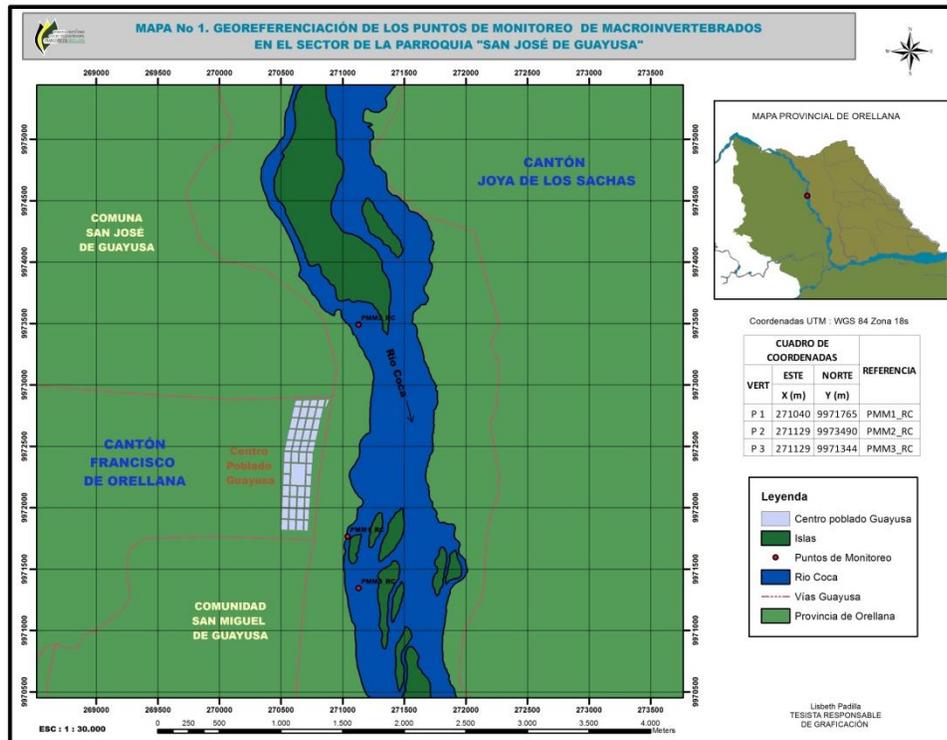


Figura 2-2: Ubicación geográfica los puntos muestreados en la Parroquia San José de Guayusa

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

2.3 Muestreo

2.3.1 Muestreo de macroinvertebrados.

Se realizó una campaña de toma de muestras en los principales puntos de muestreo, localizados en el área de influencia en tres puntos. En cada punto hídrico se realizó muestreos de macrobentos para lo cual se usó una red Surber, esta técnica de estudio permite obtener macroinvertebrados acuáticos que se hallan en la necromasa, troncos sumergidos y vegetación de las orillas; donde se realizaron 10 repeticiones por cada punto de muestreo (de donde se obtuvo una muestra compuesta para cada punto); es necesario indicar que se toma en consideración lo establecido dentro del EIA de la Planta de Tratamiento de la Parroquia San José de Guayusa, el mismo que fue proporcionado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana las muestras colectadas se fijaron en alcohol al 96 %, debido a que las mismas fueron trasladadas hasta la ciudad de Quito para realizar el conteo respectivo de los macroinvertebrados acuáticos presentes en el medio, en los laboratorios de Visión Ambiental .

2.3.1.1 Materiales.

Los materiales que se utilizaron para la toma de muestras son los siguientes:

- Botas de caucho.
- Guantes de latex.
- Frascos Plástico de 100 cc, de boca ancha, con tapa de rosca y material inoxidable.
- Fundas de plástico ziploc. En muchos casos pueden reemplazar los frascos.
- Pinzas entomológicas
- Bandeja de fondo blanco
- Red Surber, de 30 X 30 cm, con un ojo de malla de 0,5 a 1 milímetro
- Fichas de papel resistente al agua, para elaboración de matriz de registro de información
- Libreta de campo.
- Alcohol al 96 %
- Botellas Color ámbar
- Un cooler
- Tablero y lápiz.

2.3.1.2 Metodología.

Se utilizó la metodología sugerida en los protocolos de Estudio de Macroinvertebrados Acuáticos, como Indicadores de la Calidad del Agua (Carrera C. & Fierro K., 2001) . Dentro del equipo utilizado se empleó la técnica de recolección con red Surber, cuyas medidas son de 30 X 30 cm, esta red cuenta con un ojo de malla de 0,5 a 1 milímetro. (Roldán, 1996) Los especímenes recolectados se depositaron en un frasco hermético previamente etiquetado con alcohol al 96 %. En una matriz se registró información referente a: coordenadas geográficas, fecha y hora de muestreo, clima, micro hábitat, entre otros.

2.3.2 Determinación de macroinvertebrados a través del índice EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA).

2.3.2.1 Materiales.

- Pinzas entomológicas
- Caja Petrí
- Frascos

2.3.2.2 Equipo.

- Estéreo-microscopio Snell, con magnificaciones de 4 x y 10 x.

2.3.2.3 Metodología.

Este análisis se hizo mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados, que son indicadores de la calidad del agua, porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Para calcular el índice se suman todos los individuos EPT y se dividen para el total de la abundancia, obteniendo el porcentaje de individuos EPT dentro de la muestra, donde se procederá de la siguiente manera:

- Primero se realizó el conteo general de todos los macroinvertebrados obtenidos en la muestra.
- Esto se realizó con la ayuda de las Pinzas entomológicas.
- Posteriormente con la ayuda de Estéreo-microscopio Snell, con magnificaciones de 4 x y 10 x, se procede a realizar la identificación taxonómica de cada uno de los individuos presentes en las muestras.
- Una vez realizada la identificación se realizó el conteo exclusivo de los grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, para posteriormente ver las repeticiones de cada una de ellas.

- Para realizar la evaluación de la calidad del agua con este índice se toma como referencia la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Categorías de Calificación Índice EPT

Rango (%)	Calidad
75 – 100	Muy buena
50 – 74	Buena
25 – 49	Regular
0 – 24	Mala

Fuente: Carrera y Fierro, 2001.

2.3.3 *Determinación de macroinvertebrados a través del índice BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY).*

2.3.3.1 *Materiales.*

- Pinzas entomológicas
- Caja Petrí
- Frascos

2.3.3.2 *Equipos.*

- Estéreo-microscopio Snell, con magnificaciones de 4 x y 10 x.

2.3.3.3 *Metodología.*

Se basó en asignar valores de tolerancia a las familias de macroinvertebrados, estos valores están comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un punto permitió determinar el grado de contaminación del punto estudiado, presenta 5 categorías: Muy Buena, Aceptable, Dudosa, Crítica y Muy Crítica. (ZAMORA, 2007), aumenta una categoría más a la ya establecida: Muy Buena, Buena, Aceptable, Dudosa, Crítica y Muy Crítica.

Tabla 4-2: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae – Atriplectididae – Blepharoceridae – Calamoceratidae – Ptilodactylidae – Chordodidae – Gomphidae – Hydridae – Lampyridae – Lymnessiidae – Odontoceridae – Oligoneuriidae – Perlidae – Polythoridae – Psephenidae.	10
Ampullariidae – Dytiscidae – Ephemeridae – Euthyplociidae – Gyrinidae – Hydraenidae – Hydrobiosidae – Leptophlebiidae – Philopotamidae – Polycentropodidae – Polymitarcydae – Xiphocentronidae.	9
Gerridae – Hebridae – Helicopsychidae – Hydrobiidae – Leptoceridae – Lestidae – Palaemonidae – Pleidae – Pseudothelpusidae – Saldidae – Simuliidae – Veliidae.	8
Baetidae – Caenidae – Calopterygidae – Coenagrionidae – Corixidae – Dixidae – Dryopidae – Glossosomatidae – Hyalellidae – Hydroptilidae – Hydropsychidae – Leptohiphidae – Naucoridae – Notonectidae – Planariidae – Psychodidae – Scirtidae.	7
Aeshnidae – Ancyliidae – Corydalidae – Elmidae – Libellulidae – Limmichidae – Lutrochidae – Megapodagrionidae – Sialidae – Staphylinidae, Neritidae.	6
Belostomatidae – Gelastocoridae – Mesoveliidae – Nepidae – Planorbiidae – Pyralidae – Tabanidae – Thiaridae.	5
Chrysomelidae – Stratiomyidae – Haliplidae – Empididae – Dolichopodidae – Sphaeriidae – Lymnaeidae – Hydrometridae – Noteridae.	4
Ceratopogonidae – Glossiphoniidae – Cyclobdellidae – Hydrophilidae – Physidae – Tipulidae.	3
Culicidae – Chironomidae – Muscidae – Sciomyzidae – Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán, 2003. p 31).

- Se realizó el conteo general de todos los macroinvertebrados obtenidos en la muestra.
- Esto se lleva a cabo con la ayuda de las Pinzas entomológicas.
- Posteriormente con la ayuda de Eestéreo-microscopio Snell, con magnificaciones de 4 x y 10 x, se procedió a realizar la identificación taxonómica de cada uno de los individuos presentes en las muestras.
- Una vez realizada la identificación se procedió al conteo de las familias.
- Con las familias obtenidos y asignados los valores, se procedió a la suma y determinación del grado de contaminación de las aguas de la muestra analizada, obteniendo las características de cada una de ellas en función a la tabla presentada a continuación.

Tabla 5-2: Categorías de Calificación, Aguas Naturales Clasificadas según el Índice BMWP

Clase	Rango	Calidad	Características
II	101-120	Buena	Agua limpias
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminadas
V	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas
VI	< 15	Muy Crítica	Agua fuertemente contaminadas

Fuente:(Roldán, 2003. p 32).

2.3.4 Índices de diversidad.

2.3.4.1 Programa

- Programa Past

2.3.4.2 Equipos

- Computadora

2.3.4.3 Índice de Diversidad de Shannon.

El índice de Shanon se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum pi \ln(pi)$$

Donde:

H' = Contenido de la información de la muestra o índice de diversidad.

\sum = Sumatoria

pi = Proporción de individuos de la especie/individuos para el número total de individuos de la muestra (N).

$\ln(p_i)$ = logaritmo natural de p_i

Tabla 6-2: Categorías de calificación del Índice de Shannon

Rango	Diversidad
Entre 0 – 1,5	Baja Diversidad
Entre 1,6 – 3	Mediana Diversidad
Entre 3,1 – 5	Alta Diversidad

Fuente: Zamora 1999

2.3.4.4 Índice de Chao 1

Es un estimador del número de especies en una comunidad, basado en el número de especies raras en la muestras (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Smith y can Belle, 1984)

$$chao\ 1 = s + \frac{a^2}{2b}$$

S = Número de especies de la muestra.

a = Número de especies que están representadas sólo por un único individuos en la muestra. (Número de “singletons”)

b = Número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra.

2.3.5 Abundancia

2.3.5.1 Abundancia Total

Número de individuos registrados de una especie. (Villarreal, et al. 2004).

2.3.5.2 Abundancia Relativa

La abundancia relativa se determina, como la proporción de individuos de una especie obtenidos en un determinado sitio. (n_i/N , donde n_i es el número de individuos de una especie y N el número total de individuos del sitio).

2.3.6 Índice de Similitud (Clúster).

2.3.6.1 Programa

- Programa Past

2.3.6.2 Equipos

- Computadora

2.3.6.3 Metodología

Este tipo de análisis se realizó con la ayuda del programa Past, una vez realizado el conteo de las familias presentes en cada una de las especies, se ingresan los datos en la hoja Excel y guardado en formato txt, posteriormente se ingresa la hoja al programa (en caso de inconvenientes se puede ingresar los datos manualmente y directamente en el programa).

Este análisis permite comparar el porcentaje de similitud entre los puntos de muestreo, esto contribuye para poder verificar los puntos que se encuentran en iguales condiciones y en condiciones diferentes, e identificar los factores que influyen en la variación de las condiciones.

CAPITULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La toma de muestras se realizó durante 3 días; una muestra por día con diez repeticiones cada una, las mismas que fueron homogenizadas en cada punto, obteniendo así una muestra compuesta para cada punto, se realizaron 3 réplicas a lo largo del estudio, durante los meses de mayo y octubre del año 2016 y Febrero del 2017; los punto de muestreo fueron establecidas según el EIA de la Planta de tratamiento de Aguas residuales con la finalidad de dar cumplimiento a lo solicitado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana. Las muestras fueron trasladadas a la ciudad de Quito donde fueron analizadas (inmediaciones de Visión Ambiental Consultoría).

3.1 Resultados de macroinvertebrados a través del índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

Los resultados obtenidos del conteo de familias de macroinvertebrados bentónicos de la parroquia San José de Guayusa en el río Coca, se indican en las tablas: 1-3, 2-3 y 3-3, respectivamente para cada uno de los puntos muestreados, en los diferentes meses de estudio.

3.1.1 Cálculos para el índice EPT

3.1.1.1 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de mayo del 2016

Tabla 1-3: Resultados del Índice EPT durante el mes de mayo del año 2016

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	FRECUENCIA		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	1	1	0
2	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	6	14	22
3	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphodes</i> sp.	0	1	0
4	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Morfoespecie 1</i>	1	1	0
5	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Thraulodes</i> sp.	1	3	0
6	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	1	1	0

7	Trioptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	8	1	0
8	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	0	1	0
			TOTAL	18	23	22
			EPT	52,9	62,2	66,7

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el muestreo y análisis en el primer monitoreo del río coca en el mes de mayo del año 2016, para el índice EPT se obtuvieron los valores de 52,9 % para el primer punto, para el segundo punto se obtuvo un valor de 62,2 %, y para el tercer punto un valor de 66,7 %, lo que nos indica que para estos tres valores se encuentran dentro del rango 50-74, lo que nos indica que la calidad del agua es BUENA.

3.1.1.2 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de octubre del 2016

Tabla 2-3: Resultados del Índice EPT durante el mes de Octubre del año 2016

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	FRECUENCIA		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis sp.</i>	4	13	16
2	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Morfoespecie 1</i>	1	3	0
3	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Thraulodes sp.</i>	1	1	0
4	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	1	2	0
5	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Atopsyche sp.</i>	1	0	0
6	Trioptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	0	1	1
			TOTAL	8	20	17
			EPT	53,3	62,5	65,4

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el muestreo y análisis en el primer monitoreo del río coca en el mes de octubre del año 2016, para el índice EPT se obtuvieron los valores de 53,3 % para el primer punto, para el segundo punto se obtuvo un valor de 62,5 %, y para el tercer punto un valor de 65,4 %, lo que nos indica que para estos tres valores se encuentran dentro del rango 50-74, lo que nos indica que la calidad del agua es BUENA.

3.1.1.3 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC en el mes de febrero del 2017

Tabla 3-3: Resultados del Índice EPT durante el mes de febrero del año 2017

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	FRECUENCIA		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	1	1	0
2	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	11	8	10
3	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphodes</i> sp.	0	1	0
4	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Morfoespecie 1</i>	0	0	1
5	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	1	1	0
6	Trioptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	1	1	0
7	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	0	1	0
			TOTAL	14	13	11
			EPT	51,9	61,9	64,7

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el muestreo y análisis en el primer monitoreo del río coca en el mes de octubre del año 2016, para el índice EPT se obtuvieron los valores de 51,9 % para el primer punto, para el segundo punto se obtuvo un valor de 61,9 %, y para el tercer punto un valor de 64,7 %, lo que nos indica que para estos tres valores se encuentran dentro del rango 50-74, lo que nos indica que la calidad del agua es BUENA.

3.1.1.4 PROMEDIO DEL INDICE EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA Y TRICHOPTERA) DE LOS PUNTOS MUESTREADOS.

Tabla 4-3: Promedio del Índice EPT

Sitio de Muestreo	Calificación	Calidad
PMM1_RC	52,7 %	Buena
PMM2_RC	62,2 %	Buena
PMM3_RC	65,6 %	Buena

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Una vez obtenidos los valores para cada uno de los puntos, se calcula un promedio para cada una de las repeticiones realizadas, así tenemos el valor de 52,7 % para el punto 1 (PMM1_RC), 62,2 % para el punto 2 (PMM2_RC), 65,6 % para el punto 3 (PMM3_RC),

3.1.1.5 Análisis de resultados

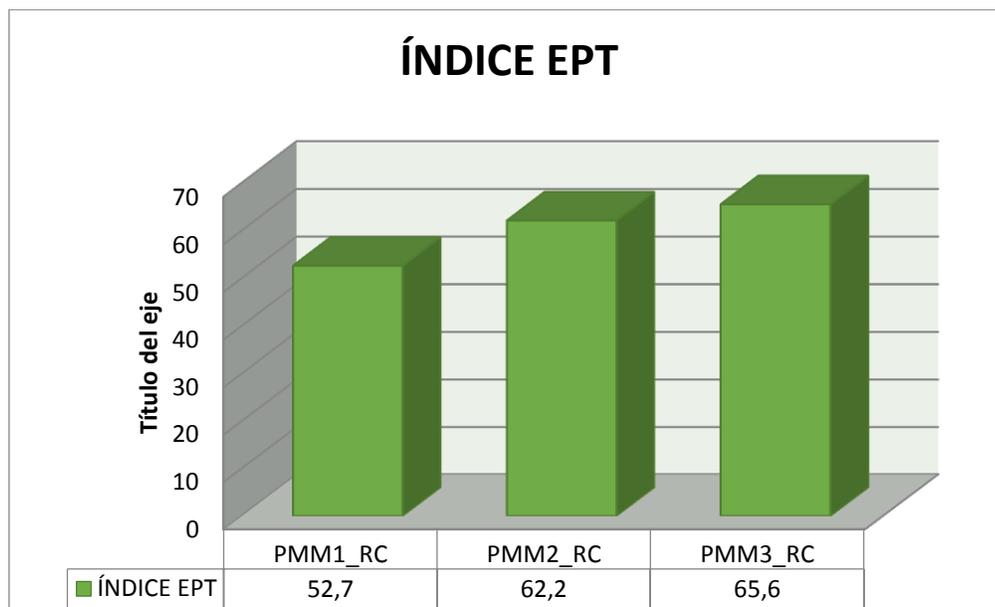


Gráfico 1-3: Porcentaje del Índice EPT para los puntos muestreados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el Gráfico 1-3, se indica los valores promedios en porcentajes obtenidos por el índice de EPT, donde los resultados fueron de 52,7 % para el Punto 1 (PMM1_RC), 61,7 % para el punto 2 (PMM2_RC) y de 65,6 % para el punto 3 (PMM3_RC), una vez comparada con la tabla que valora la Calidad del Agua según el Índice EPT los promedios se encuentran dentro del rango 50-74, lo que nos indica que la calidad del agua en promedio es BUENA en los tres puntos.

3.2 RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS A TRAVES DEL ÍNDICE BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP).

3.2.1 Cálculos para el índice BMWP

3.2.1.1 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_R y PMM3_RC para el mes de mayo del año 2016

Tabla 5-3: Resultados del Índice BMWP para el mes de mayo del año 2016

No	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	VALOR DE FAMILIA BMWP		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	-	-	4
2	Coleoptera	Dryopidae	<i>Morfoespecie 3</i>	-	-	7
3	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> sp.	10	-	-
4	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	6	6	-
5	Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae</i> sp.	2	2	-
6	Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i> sp.	-	-	2
7	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	-	8	-
8	Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i> sp.	-	-	3
9	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	7	7	7
10	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Morfoespecie 1</i>	7	7	-
11	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Morfoespecie 2</i>	0	-	-
12	Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp.	7	-	-
13	Hemiptera	Velidae	<i>Rhagovelia</i> sp.	8	8	8
14	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	-	6	-
15	Odonata	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i> sp.	10	-	-
16	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	10	10	-
17	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	7	7	-
18	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	-	9	-
			BMWP	74	70	31

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Para el mes de mayo según el índice BMWP, una vez asignado el valor correspondiente a cada familia según la tabla de valoración; se obtuvo un total de 74 para el punto 1 (PMM1_RC), 70 para el punto 2 (PMM2_RC) y 31 para el punto 3 (PMM3_RC), donde comparado con las categorías de calificación de agua se determinó que los valores del punto 1 y 2 se encuentra dentro del rango 61-100 lo que corresponde a aguas con características de aguas medianamente contaminadas, por lo cual la tabla indica que la calidad del agua es ACEPTABLE; y para el punto 3 el valor se encuentra

dentro del rango 16-35 donde las características son de aguas muy contaminadas lo que nos indica que la calidad del agua es CRITICA.

3.2.1.2 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_R y PMM3_RC para el mes de octubre del año 2016

Tabla 6-3: Resultados del Índice BMWP para el mes de octubre del 2016

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	FRECUENCIA		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	-	4	4
2	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	6	-	6
3	Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus</i> sp.	-	6	-
4	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Hydrochara</i>	-	3	-
5	Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i> sp.	2	2	2
6	Diptera	Syrphidae	<i>Diploneura</i>	-	2	-
7	Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i> sp.	-	3	-
8	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	6	6	-
9	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	7	7	7
10	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Thraulodes</i> sp.	7	7	-
11	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	8	-	-
12	Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp.	8	8	-
13	Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp.	-	7	7
14	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	10	10	-
15	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Atopsyche</i> sp.	7	-	-
16	Trioptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	-	7	7
17	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Ptilodactyla</i>	10	-	-
			BMWP	71	72	33

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Para el mes de octubre según el índice BMWP, una vez asignado el valor correspondiente a cada familia según la tabla de valoración; se obtuvo un total de 74 para el punto 1 (PMM1_RC), 70 para el punto 2 (PMM2_RC) y 31 para el punto 3 (PMM3_RC), donde comparado con las categorías de calificación de agua se determinó que los valores del punto 1 y 2 se encuentra dentro del rango 61-100 lo que corresponde a aguas con características de aguas medianamente contaminadas, por lo cual la tabla indica que la calidad del agua es ACEPTABLE; y para el punto 3 el valor se encuentra dentro del rango 16-35 donde las características son de aguas muy contaminadas lo que nos indica que la calidad del agua es CRITICA.

3.2.1.3 Resultados de los puntos PMM1_RC, PMM2_R y PMM3_RC para el mes de febrero del año 2017

Tabla 7-3: Resultados del Índice BMWP para el mes de febrero del 2017

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	VALOR DE FAMILIA BMWP		
				PMM1_RC	PMM2_RC	PMM3_RC
1	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	-	-	4
2	Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus</i> sp.	6	-	-
3	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	-	-	6
4	Coleoptera	Dryopidae	<i>Morfoespecie 3</i>	7	-	-
5	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> sp.	10	-	-
6	Diptera	Culicidae	<i>Toxorhynchites</i>	-	-	2
7	Diptera	Chironomidae	<i>Morfoespecie 4</i>	-	-	2
8	Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i> sp.	2	-	-
9	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	8	8	-
10	Diptera	Syrphidae	<i>Diploneura</i>	-	-	2
11	Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i> sp.	3	-	-
12	Haplotaaxida	Lumbricidae	<i>Morfoespecie 2</i>	-	0	-
13	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	7	-	-
14	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	-	7	7
15	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Morfoespecie 1</i>	-	-	7
16	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphodes</i> sp.	-	7	-
17	Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp.	7	7	-
18	Hemiptera	Velidae	<i>Rhagovelia</i> sp.	-	8	-
19	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	6	6	-
20	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	10	10	-
21	Trioptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	7	7	-
22	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	-	9	-
				73	69	30

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Para el mes de febrero según el índice BMWP, una vez asignado el valor correspondiente a cada familia según la tabla de valoración; se obtuvo un total de 73 para el punto 1 (PMM1_RC), 69 para el punto 2 (PMM2_RC) y 30 para el punto 3 (PMM3_RC), donde comparado con las categorías de calificación de agua se determinó que los valores del punto 1 y 2 se encuentra dentro del rango 61-100 lo que corresponde a aguas con características de aguas medianamente contaminadas, por lo cual la tabla indica que la calidad del agua es ACEPTABLE; y para el punto 3 el valor se encuentra

dentro del rango 16-35 donde las características son de aguas muy contaminadas lo que nos indica que la calidad del agua es CRITICA.

3.2.1.4 Promedio del Índice EPT (*Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera*) de los puntos muestreados.

Tabla 8-3 Promedio del Índice BMWP por Punto de Muestreo

CÓDIGO	Valor del BMWP/COL	CLASE	CALIDAD	CARACTERÍSTICAS
PMM1_RC	72	III	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
PMM2_RC	70	III	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
PMM3_RC	31	V	Crítica	Aguas muy contaminadas

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Una vez obtenidos los valores para cada uno de los puntos, se calcula un promedio para cada una de las repeticiones realizadas, así tenemos el valor de 72 para el punto 1 (PMM1_RC), 70 para el punto 2 (PMM2_RC), 31 para el punto 3 (PMM3_RC),

3.2.1.5 Análisis de resultados

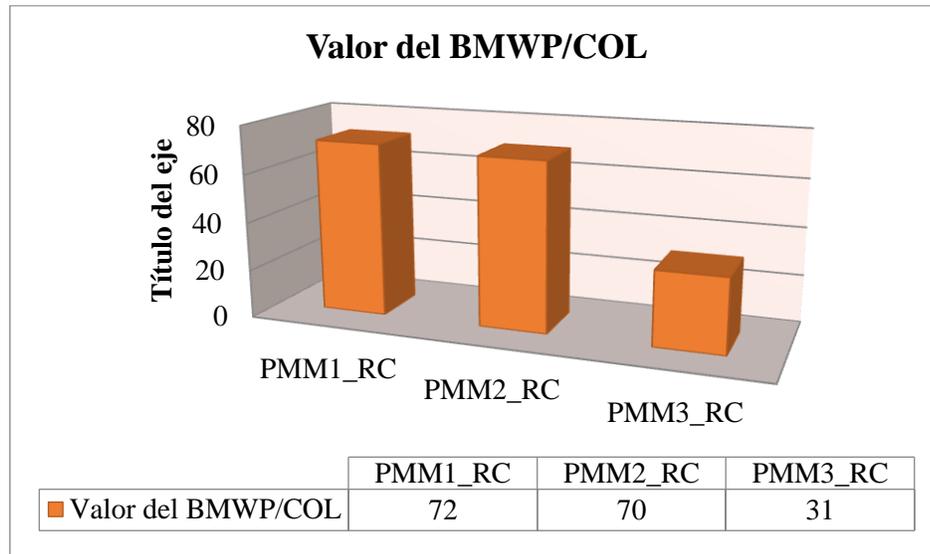


Gráfico 2-3: Porcentaje promedio del Índice BMWP para los puntos muestreados
Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 2-3, una vez analizadas las familias presentes en las muestras obtenidas y comparadas con la tabla de valores del índice BMWP, para el Punto 1 (PMM1_RC) se obtuvieron aguas de características medianamente contaminadas con una calidad de ACEPTABLE con un valor de 74; para el punto 2 (PMM2_RC) se obtuvieron aguas medianamente contaminadas con una calidad de ACEPTABLE al igual que en el punto 1 con un valor de 70; para el punto 3 (PMM3_RC) se obtuvieron aguas con características muy contaminadas lo que nos indica que la calidad del agua es CRÍTICA, con un valor de 31.

3.3 Resultados de los índices de diversidad

3.3.1 Índice de Diversidad de Shannon

Mediante la estimación de los índices de diversidad de Shannon y Simpson, obtenidos con la ayuda del programa Past y en base a los valores de riqueza y abundancia de especies, registrados durante este muestreo.

Tabla 9-3: Valores de Riqueza, Abundancia y Diversidad de los Macroinvertebrados en el mes de mayo 2016

Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson	Interpretación
23	104	2,26	0,80	Diversidad media

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En la tabla 9-3 se indica los valores obtenidos durante el mes de mayo el cual mediante los índices de diversidad de Shannon se obtuvo un valor de 2,26 y para Simpson se obtuvo un valor de 0,80, donde en base a los resultados se obtuvo una diversidad media para el área muestreada.

Tabla 10-3: Valores de Riqueza, Abundancia y Diversidad de los Macroinvertebrados en el mes de octubre 2016

Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson	Interpretación
21	73	2,22	0,84	Diversidad media

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En la tabla 10-3 se indica los valores obtenidos durante el mes de octubre del año 2016 el cual mediante los índices de diversidad de Shannon se obtuvo un valor de 2,22 y para Simpson se obtuvo un valor de 0,84, donde en base a los resultados se obtuvo una diversidad media para el área muestreada.

Tabla 11-3: Valores de Riqueza, Abundancia y Diversidad de los Macroinvertebrados en el mes de febrero 2017

Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson	Interpretación
22	65	2,12	0,85	Diversidad media

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En la tabla 11-3 se indica los valores obtenidos durante el mes de febrero del año 2017 el cual mediante los índices de diversidad de Shannon se obtuvo un valor de 2,12 y para Simpson se obtuvo un valor de 0,85, donde en base a los resultados se obtuvo una diversidad media para el área muestreada.

Tabla 12-3: Valores promedios de Riqueza, Abundancia y Diversidad de los Macroinvertebrados en el río Coca

Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson	Interpretación
22	81	2,22	0,83	Diversidad media

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Los valores promedios para la diversidad en el área de estudio según Shannon que presenta un valor de 2,22 indica una diversidad media. El índice de Simpson presentó un valor de 0,83, lo que también representa una diversidad media en promedio.

3.4 Resultados de la Abundancia

3.4.1 Resultados Abundancia Total

Los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo: (PMM1_RC, PMM2_RC, PMM3_RC), durante las tres etapas de este estudio presentaron diferentes condiciones debido a la intervención antrópica que existe en el lugar.

3.4.1.1 Resultados de la abundancia total para el mes mayo del 2016

Para el área de muestro se registró un total de 104 individuos

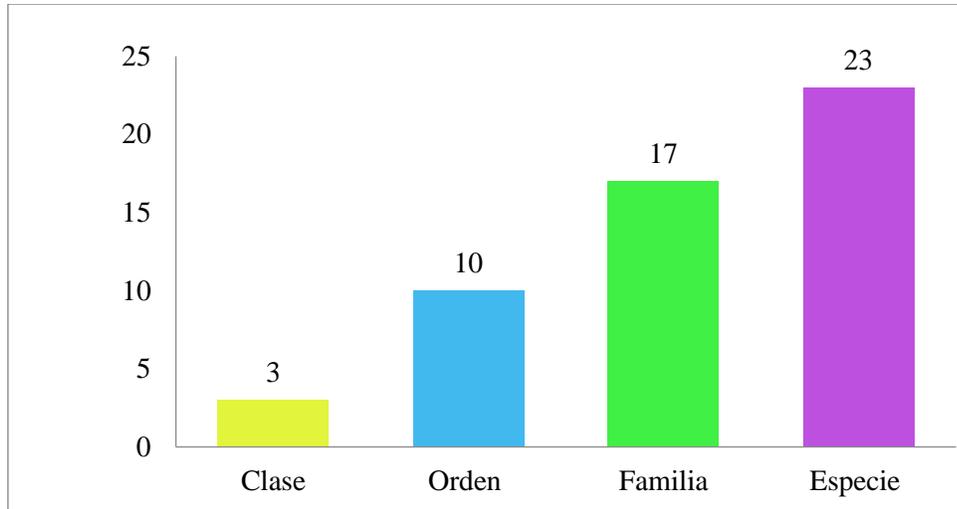


Gráfico 3-3: Número de Especies, Familias y Órdenes de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

Los individuos encontrados dentro de la muestra se encontraron distribuidos en 23 especies de 17 familias, 10 órdenes y 3 clases, así como lo indica el gráfico 3-3, se puede decir que existió un gran número de especies y un menor número de clases.

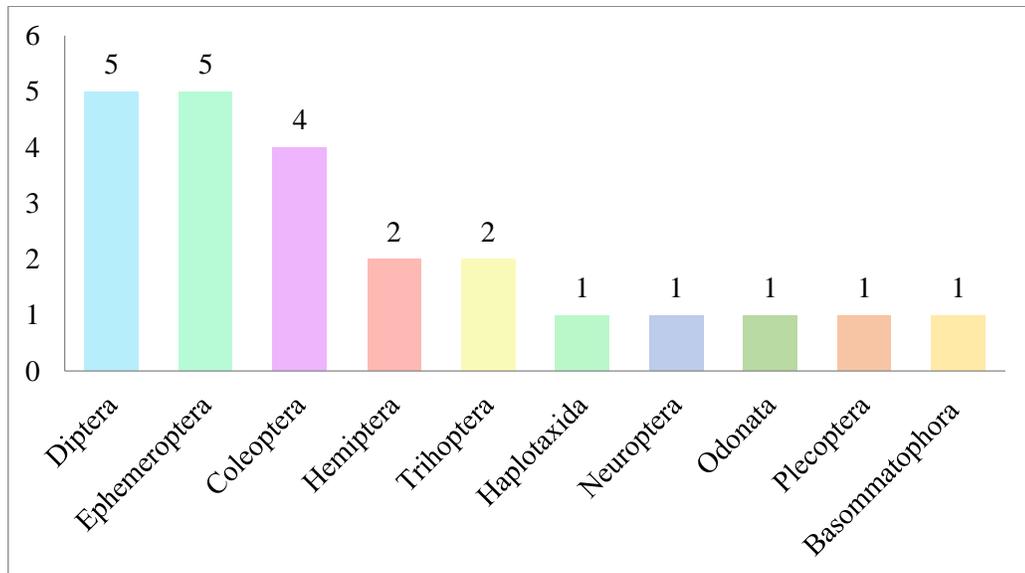


Gráfico 4-3: Número de Especies de Macroinvertebrados por Órdenes

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 4-3 se puede apreciar que de las 23 especies existentes en el área de muestreo los órdenes con mayor riqueza son Diptera y Ephemeroptera con cinco especies respectivamente;

seguido de Coleoptera con 4 especies; el resto de órdenes están representados por una y dos especies.

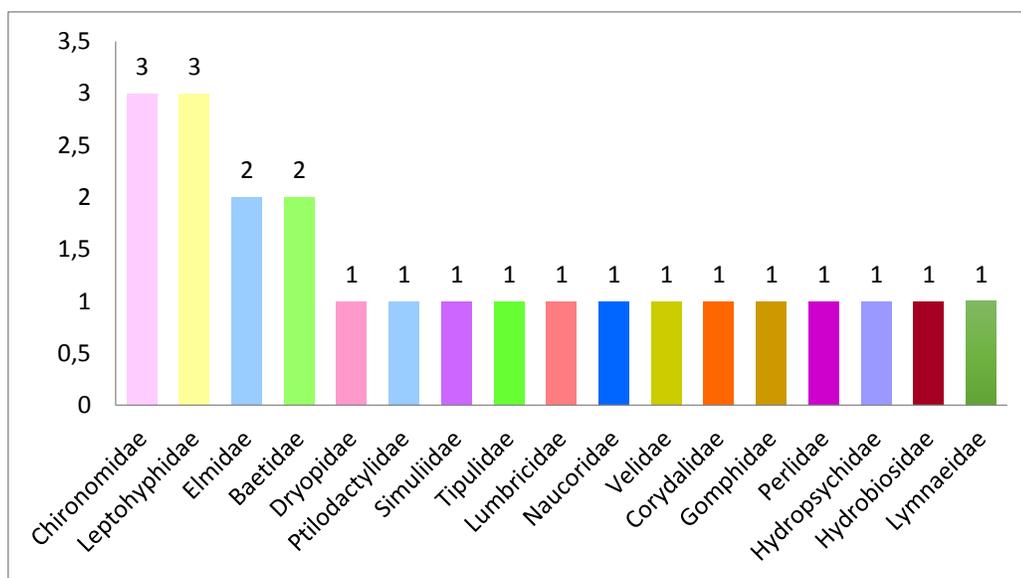


Gráfico 5-3: Número de especies de Macroinvertebrados por Familia

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

El gráfico 5-3 nos indica que de las 23 familias existentes en el área de muestreo, las familias con mayor riqueza fueron Chironomidae y Leptohiphidae, las mismas que presentan tres especies respectivamente, el resto de familias están representadas por una y dos especies.

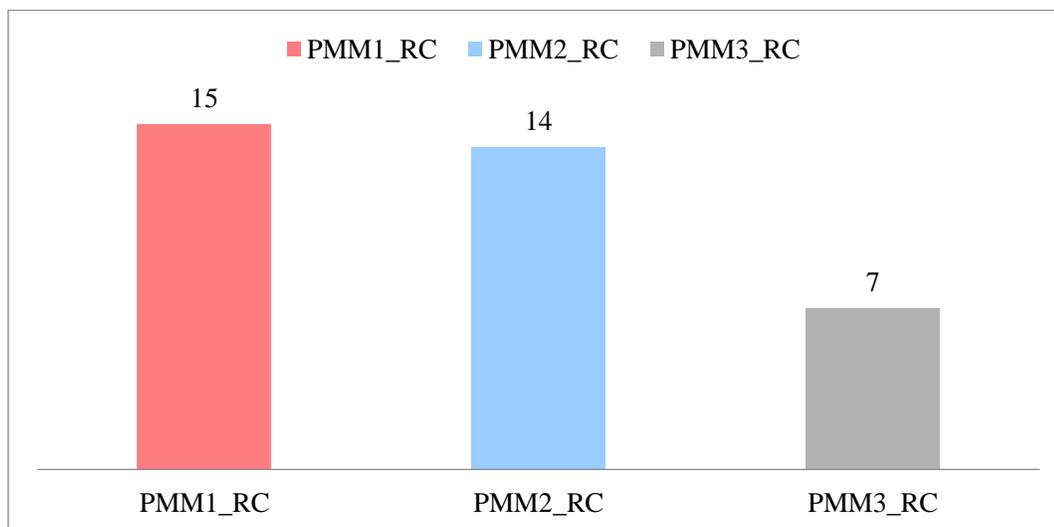


Gráfico 6-3: Número de especies de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 6-3, se puede apreciar que el punto de muestreo con mayor riqueza es el PMM1_RC, el cual presentó un total de 15 especies; seguido del PMM2_RC con 14 especies, y finalmente el PMM3_RC presenta menor riqueza con 7 especies.

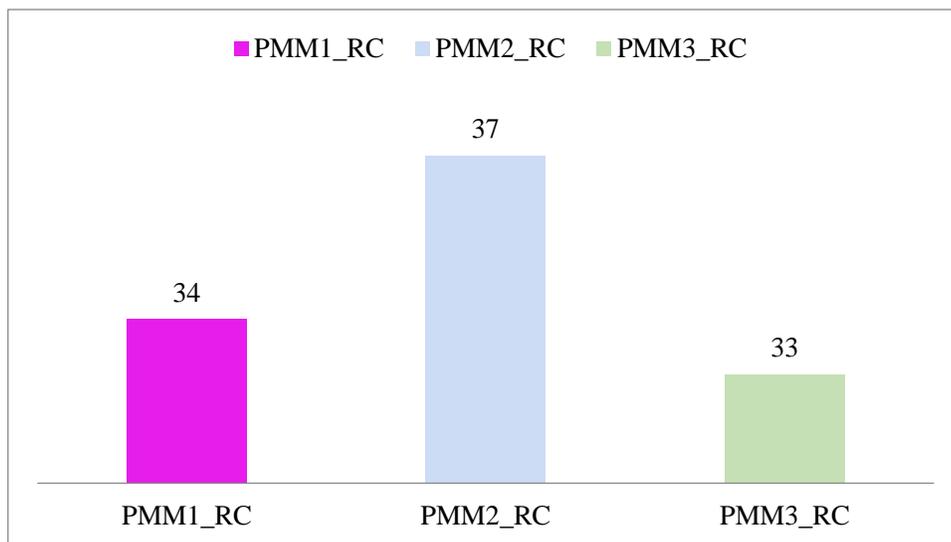


Gráfico 7-3: Número de individuos de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 7-3, se puede apreciar la abundancia absoluta por sitio de muestreo, dando un total de 104 individuos, de los cuales el sitio más abundante fue el PMM2_RC con 37 individuos, seguido del PMM1 _RC con un total de 34 individuos, y en el sitio menos abundante se registró al (PMM3_RC) con un total de 33 individuos.

3.4.1.2 Resultados de la abundancia total para el mes octubre del 2016

Para el área de muestro se registró un total de 73 individuos, los cuales se encuentra distribuidos según lo explica el gráfico 8-3

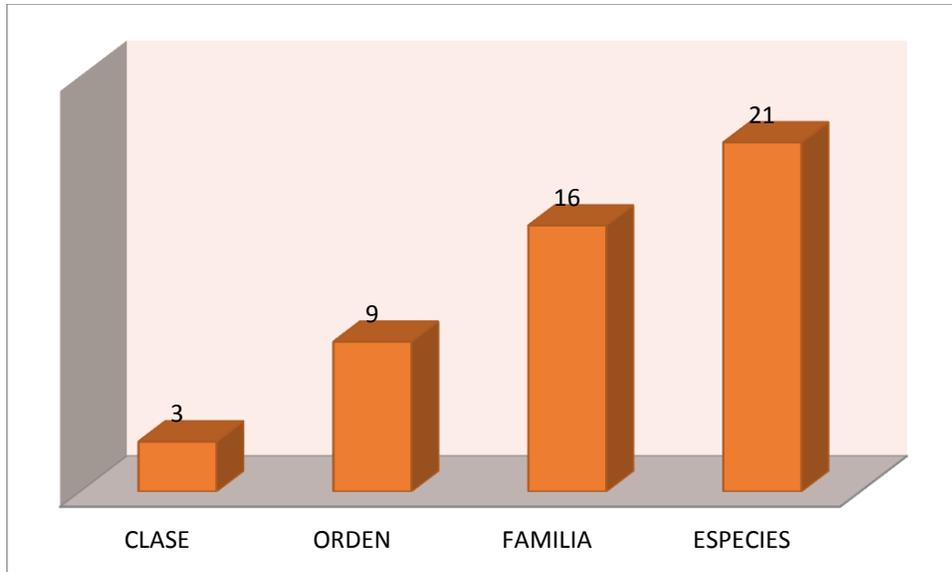


Gráfico 8-3: Número de Especies, Familias y Órdenes de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 8-3 se puede apreciar que en el primer punto (PMM1_RC) para el mes de octubre se registraron 21 especies de 16 familias, 9 órdenes y 3 clases, se puede decir que existió un gran número de especies y un menor número de clases.

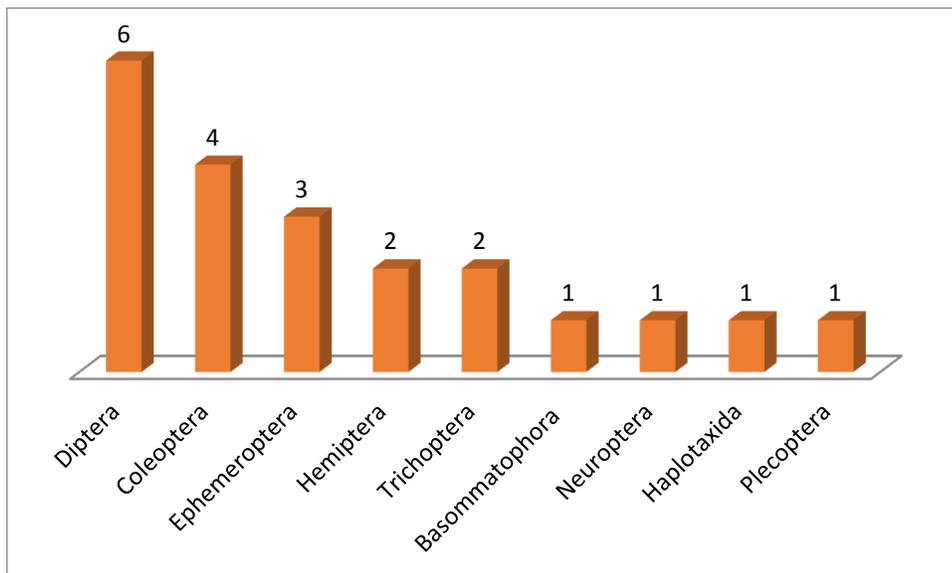


Gráfico 9-3: Número de Especies de Macroinvertebrados por Órdenes

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 9-3 se puede apreciar que de las 21 especies existentes en el área de muestreo el órdenes con mayor riqueza son Diotera con cinco especies; seguido de Coleoptera con 4 especies; y Ephemeroptera con 3 especies, el resto de órdenes están representados por una y dos especies.

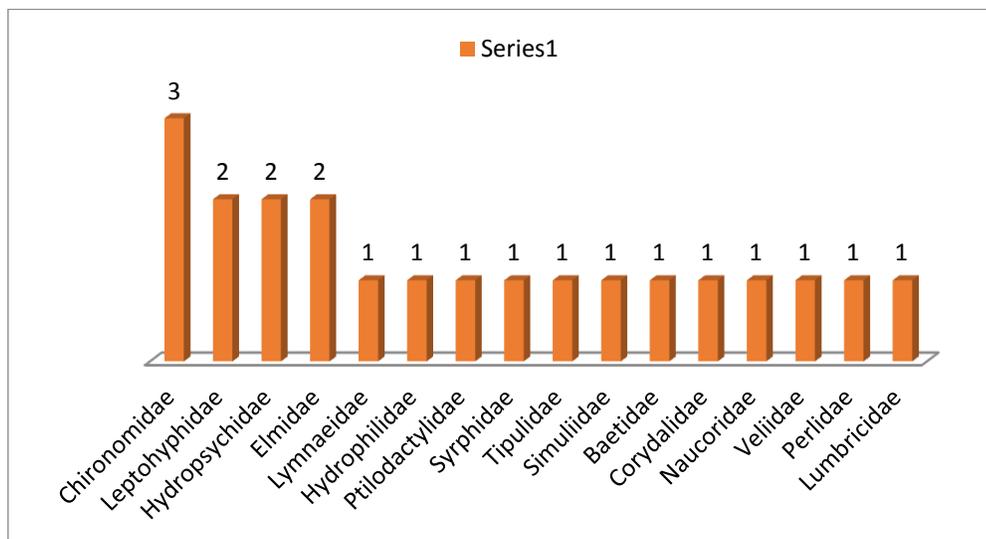


Gráfico 10-3: Número de especies de Macroinvertebrados por Familia

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

El gráfico 10-3 nos indica que de las 21 familias existentes en el área de muestreo, las familias con mayor riqueza fueron Chironomidae con tres especies seguido de Leptohephidae, hydropsychidae y elmidae con dos especies respectivamente, el resto de familias están representadas por una especie.

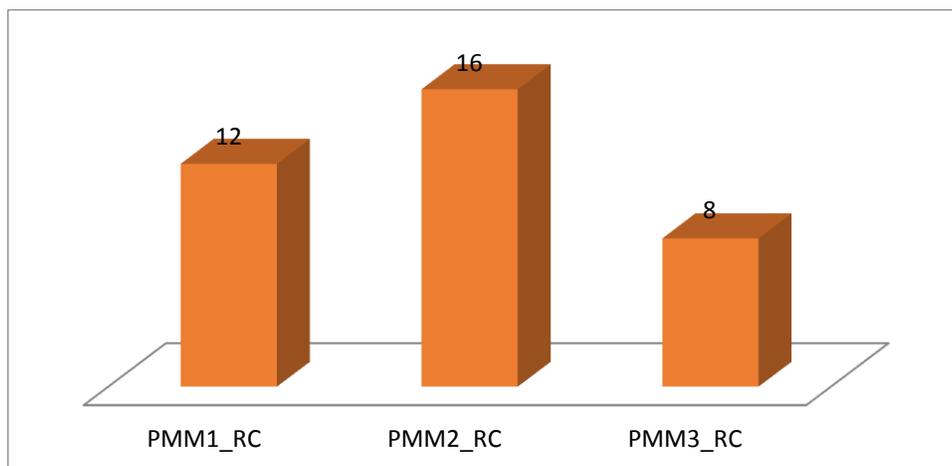


Gráfico 11-3: Número de especies de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 11-3, se puede apreciar que el punto de muestreo con mayor riqueza es el PMM2_RC, el cual presentó un total de 16 especies; seguido del PMM1_RC con 12 especies, y finalmente el PMM3_RC presenta menor riqueza con 8 especies.

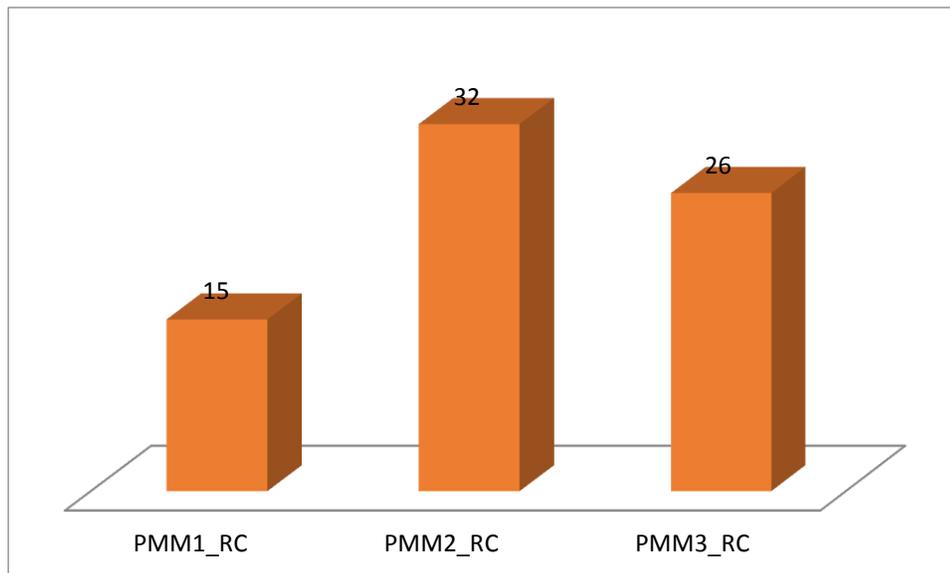


Gráfico 12-3: Número de individuos de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 12-3, se puede apreciar la abundancia absoluta por sitio de muestreo, dando un total de 73 individuos, de los cuales el sitio más abundante fue el PMM2_RC con 32 individuos, seguido del PMM1 _RC con un total de 26 individuos, y en el sitio menos abundante se registró al (PMM3_RC) con un total de 15 individuos.

3.4.1.3 Resultados de la abundancia total para el mes febrero del 2017

Para el área de muestro se registró un total de 65 individuos, los cuales se encuentra distribuidos según lo explica el gráfico 13-3

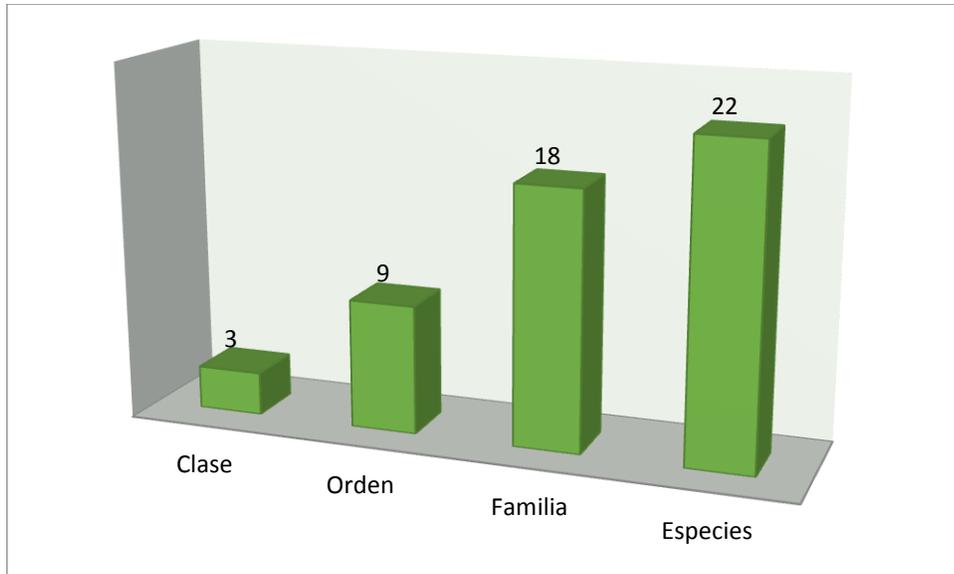


Gráfico 13-3: Número de Especies, Familias y Órdenes de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 13-3 se puede apreciar que en el primer punto (PMM1_RC) para el mes de febrero 2017 se registraron 22 especies de 18 familias, 9 órdenes y 3 clases, se puede decir que existió un gran número de especies y un menor número de clases.

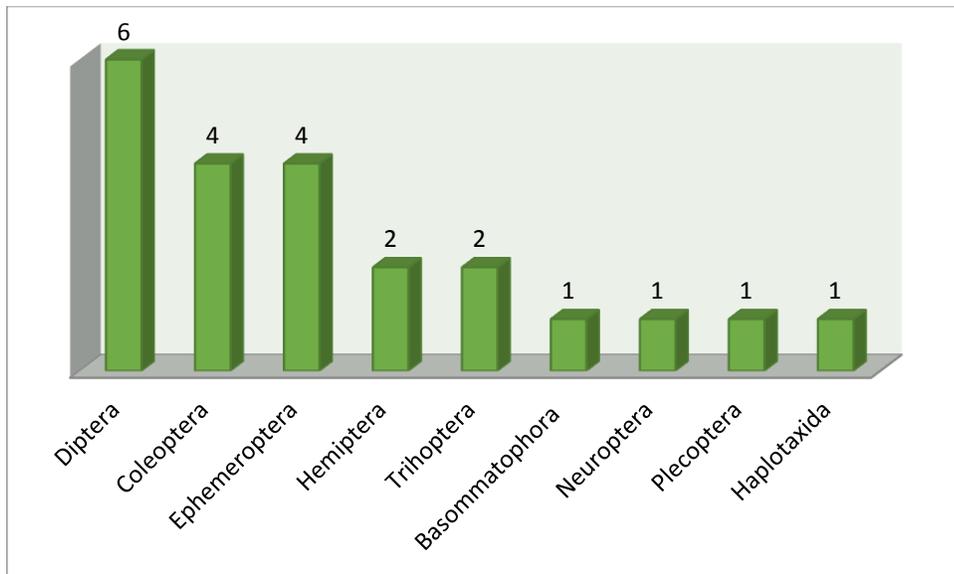


Gráfico 14-3: Número de Especies de Macroinvertebrados por Órdenes

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 14-3 se puede apreciar que de las 22 especies existentes en el área de muestreo los órdenes con mayor riqueza son Diptera con seis especies; seguido de Coleoptera y Ephemeroptera con 4 especies; el resto de órdenes están representados por una y dos especies.

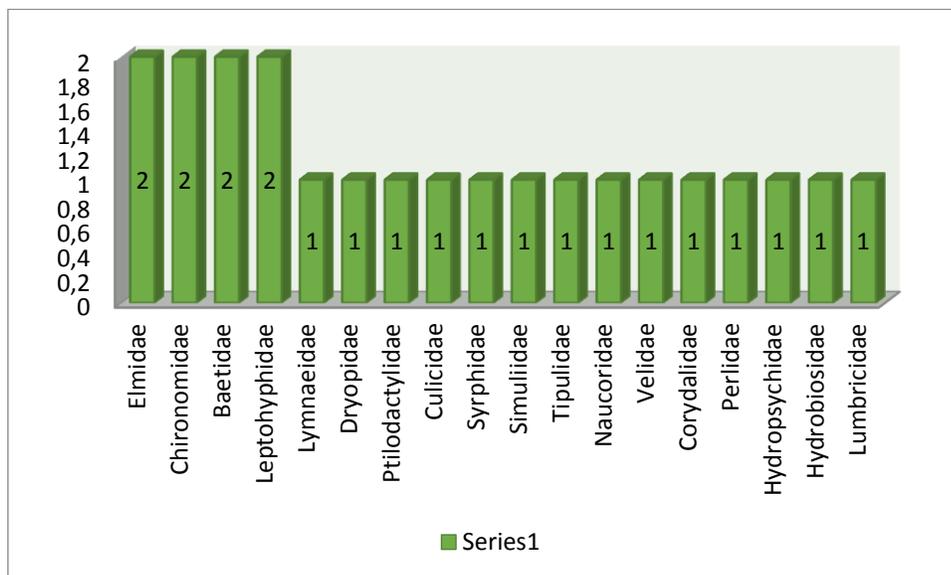


Gráfico 15-3: Número de especies de Macroinvertebrados por Familia

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

El gráfico 15-3 nos indica que de las 18 familias existentes en el área de muestreo, las familias con mayor riqueza fueron Elmidae, Chironomidae, Baetidae y Leptohiphidae con dos especies, el resto de familias están representadas por una especie.

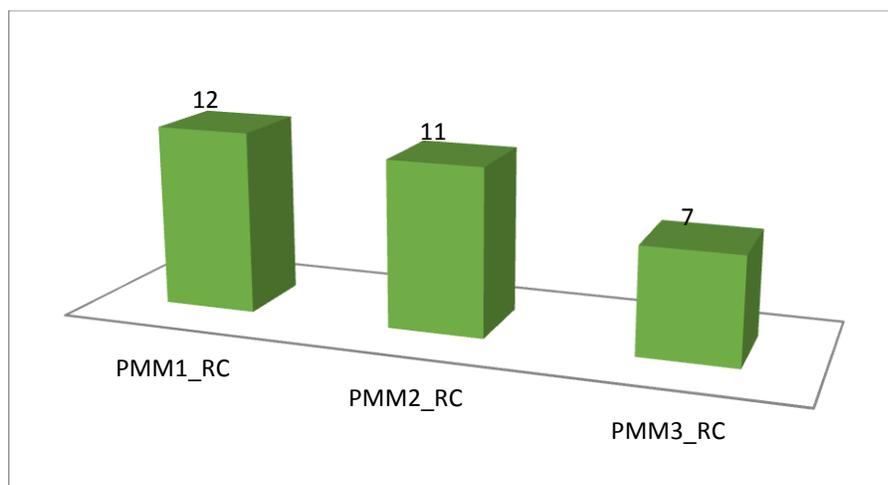


Gráfico 16-3: Número de especies de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 16-3, se puede apreciar que el punto de muestreo con mayor riqueza es el PMM1_RC, el cual presentó un total de 12 especies; seguido del PMM2_RC con 11 especies, y finalmente el PMM3_RC presenta menor riqueza con 7 especies.

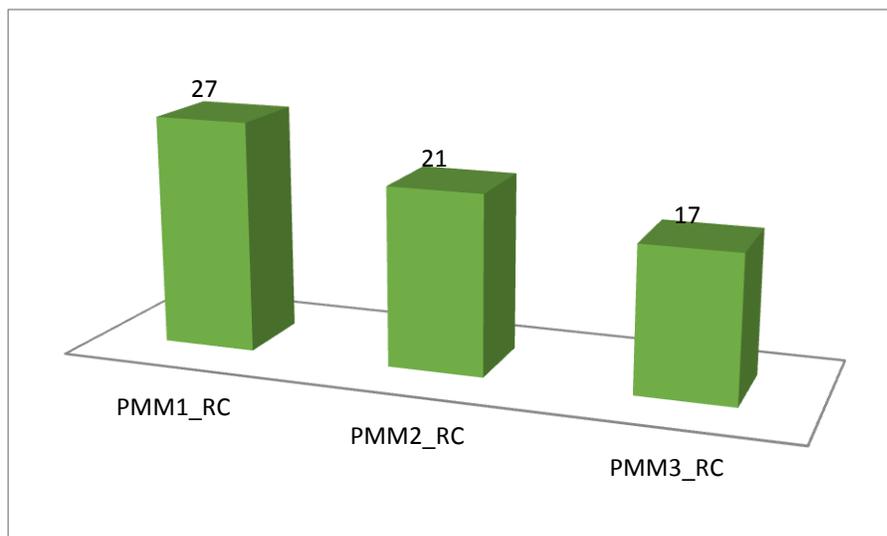


Gráfico 17-3: Número de individuos de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 17-3, se puede apreciar la abundancia absoluta por sitio de muestreo, dando un total de 65 individuos, de los cuales el sitio más abundante fue el PMM1_RC con 27 individuos, seguido del PMM2_RC con un total de 21 individuos, y en el sitio menos abundante se registró al PMM3_RC con un total de 17 individuos.

3.4.2 Resultados de la Abundancia Relativa

3.4.2.1 Resultados de la abundancia Relativa para el mes de mayo del 2016

En el gráfico 18-3, se puede observar que el sitio de mayor abundancia relativa en función a los macroinvertebrados, es el punto PMM2_RC con un valor del 35 %, seguido por el punto PMM1_RC con el 33 % y el PMM3_RC con el 32 %.

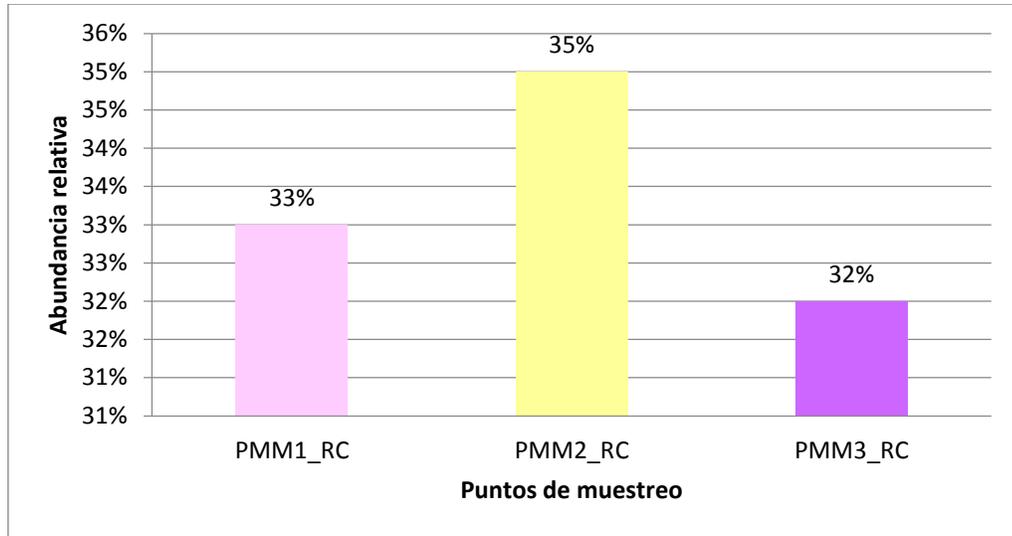
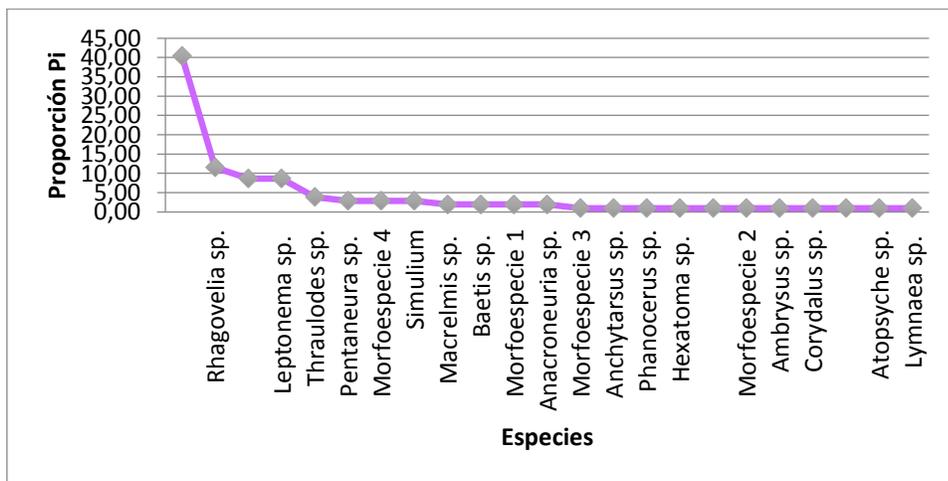


Gráfico 18-3: Abundancia Relativa de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 19-3 donde se indica el análisis de la curva de dominancia-diversidad de las especies presentes dentro de los hábitats acuáticos del área de estudio, se determinó que de las 23 especies registradas la de mayor densidad fue *Americabaetis* sp. con (n= 42; $P_i = 40,38$); seguida de *Rhagovelia* sp. (n= 12; $P_i = 11,54$).



.....**Gráfico 19-3:** Curva de Abundancia-Diversidad de especies de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.4.2.2 Resultados de la abundancia Relativa para el mes de octubre del 2016

En el gráfico 20-3, se puede observar que el sitio de mayor abundancia relativa en función a los macroinvertebrados, es el punto PMM2_RC con un valor del 44 %, seguido por el punto PMM3_RC con el 36 % y el PMM1_RC con el 20 %.

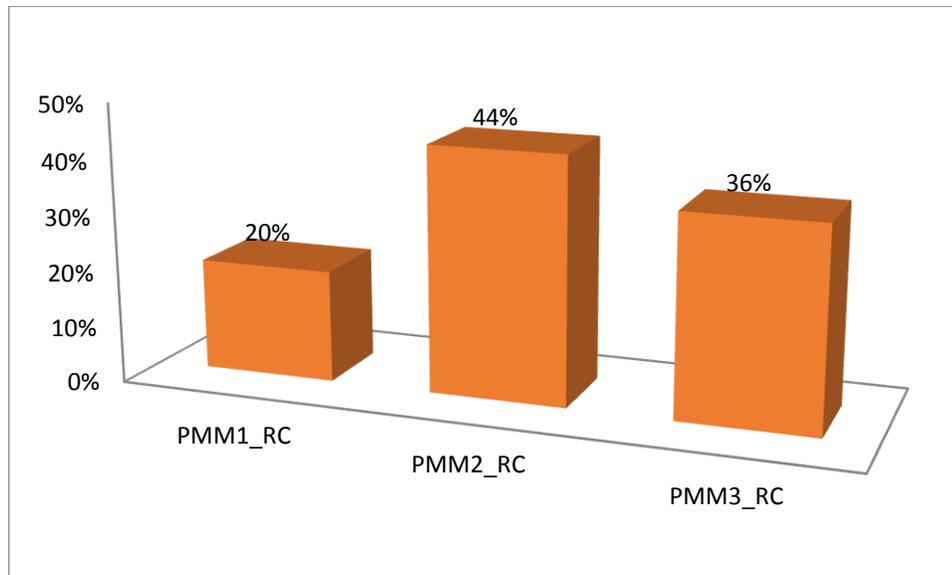
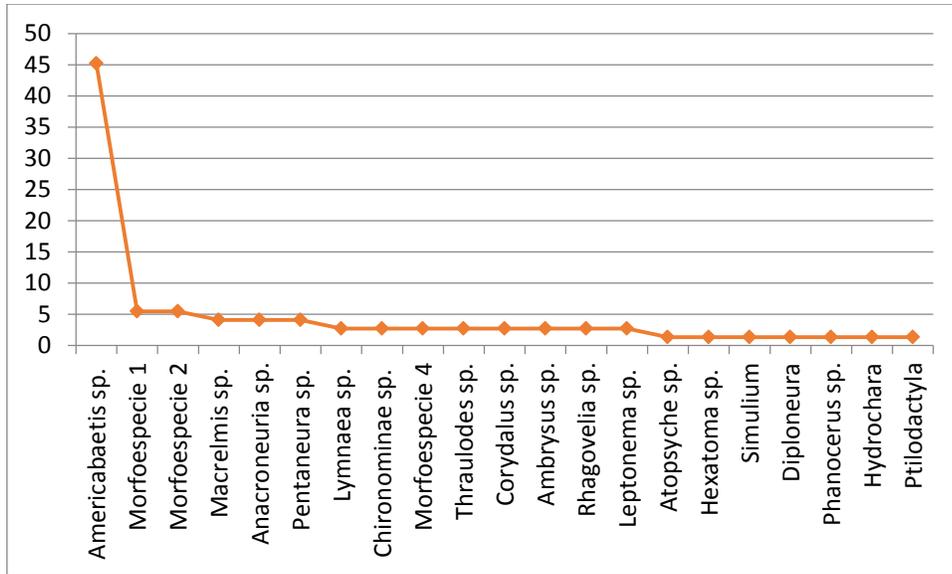


Gráfico 20-3: Abundancia Relativa de Macroinvertebrados por sitio de muestreo
Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 21-3 donde se indica el análisis de la curva de dominancia-diversidad de las especies presentes dentro de los hábitats acuáticos del área de estudio, se determinó que de las 23 especies registradas la de mayor densidad fue *Americabaetis* sp. con (n= 33; $P_i= 45,20$); seguida de *Morfoespecie 1* y *Morfoespecie 2*. (n= 4; $P_i= 5,47$).



.....**Gráfico 21-3:** Curva de Abundancia-Diversidad de especies de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.4.2.3 Resultados de la abundancia Relativa para el mes de febrero del 2017

En el gráfico 22-3, se puede observar que el sitio de mayor abundancia relativa en función a los macroinvertebrados, es el punto PMM1_RC con un valor del 42 %, seguido por el punto PMM2_RC con el 32 % y el PMM3_RC con el 26 %.

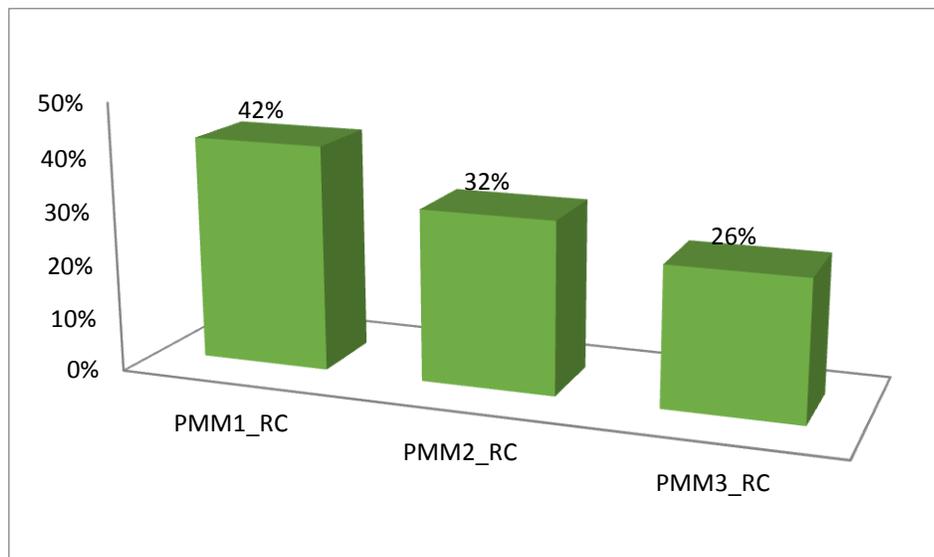
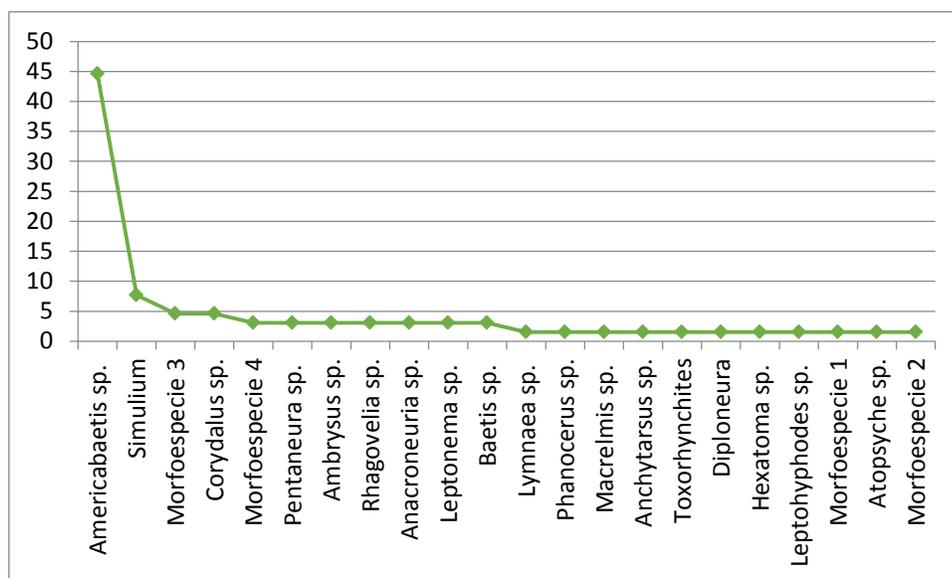


Gráfico 22-3: Abundancia Relativa de Macroinvertebrados por sitio de muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

En el gráfico 23-3 donde se indica el análisis de la curva de dominancia-diversidad de las especies presentes dentro de los hábitats acuáticos del área de estudio, se determinó que de las 65 especies registradas la de mayor densidad fue *Americabaetis* sp. con (n= 29; Pi= 44,61); seguida de *Simulium* (n= 5; Pi= 7,69).



.....**Gráfico 23-3:** Curva de Abundancia-Diversidad de especies de Macroinvertebrados

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.5 Resultados del Índice De Similitud (Cluster)

3.5.1 Resultados del índice de Similitud para el mes de mayo del 2016

El análisis de Cluster indica que la similitud entre sitios de muestreo es del 0,78 % y los sitios de muestreo con mayor similitud son el PMM1_RC y PMM2_RC con el 50 %, esto se debe a las diferentes condiciones que presentó cada sitio de muestreo, puesto que el PMM1_RC adicional a recibir las descargas del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento hacia al Río Coca, también se observó que se realizan actividades de dragado, mientras que el PMM2_RC, ubicado aguas arriba, también presentó actividades de dragado; y el PMM3_RC evidentemente presentó disminución de diversidad, por las actividades que se realizan río arriba, lo cual afecta los nichos ecológicos para macroinvertebrados.

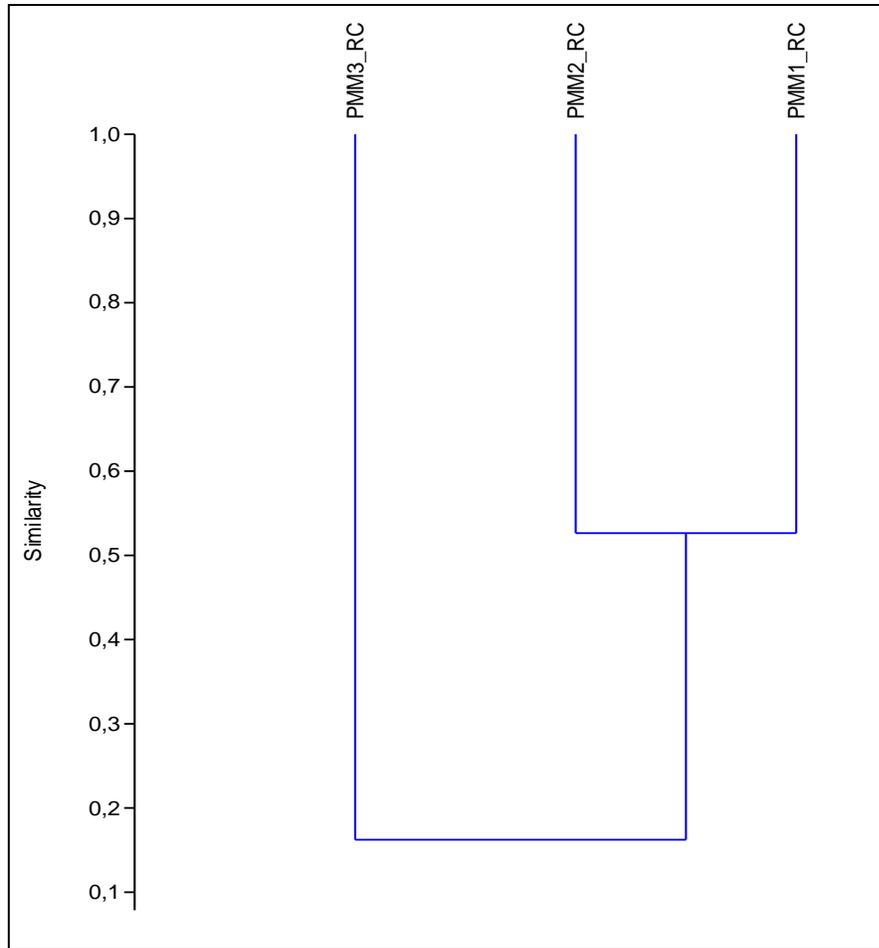


Gráfico 24-3: Clúster de Similitud de Macroinvertebrados en los 3 Puntos de Muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.5.2 *Resultados del índice de Similitud para el mes de octubre del 2016*

El análisis de cluster indica que la similitud entre sitios de muestreo es del 0,22 % y los sitios de muestreo con mayor similitud son el PMM1_RC y PMM2_RC con el 40 %, esto se debe a las diferentes condiciones que presentó cada sitio de muestreo.

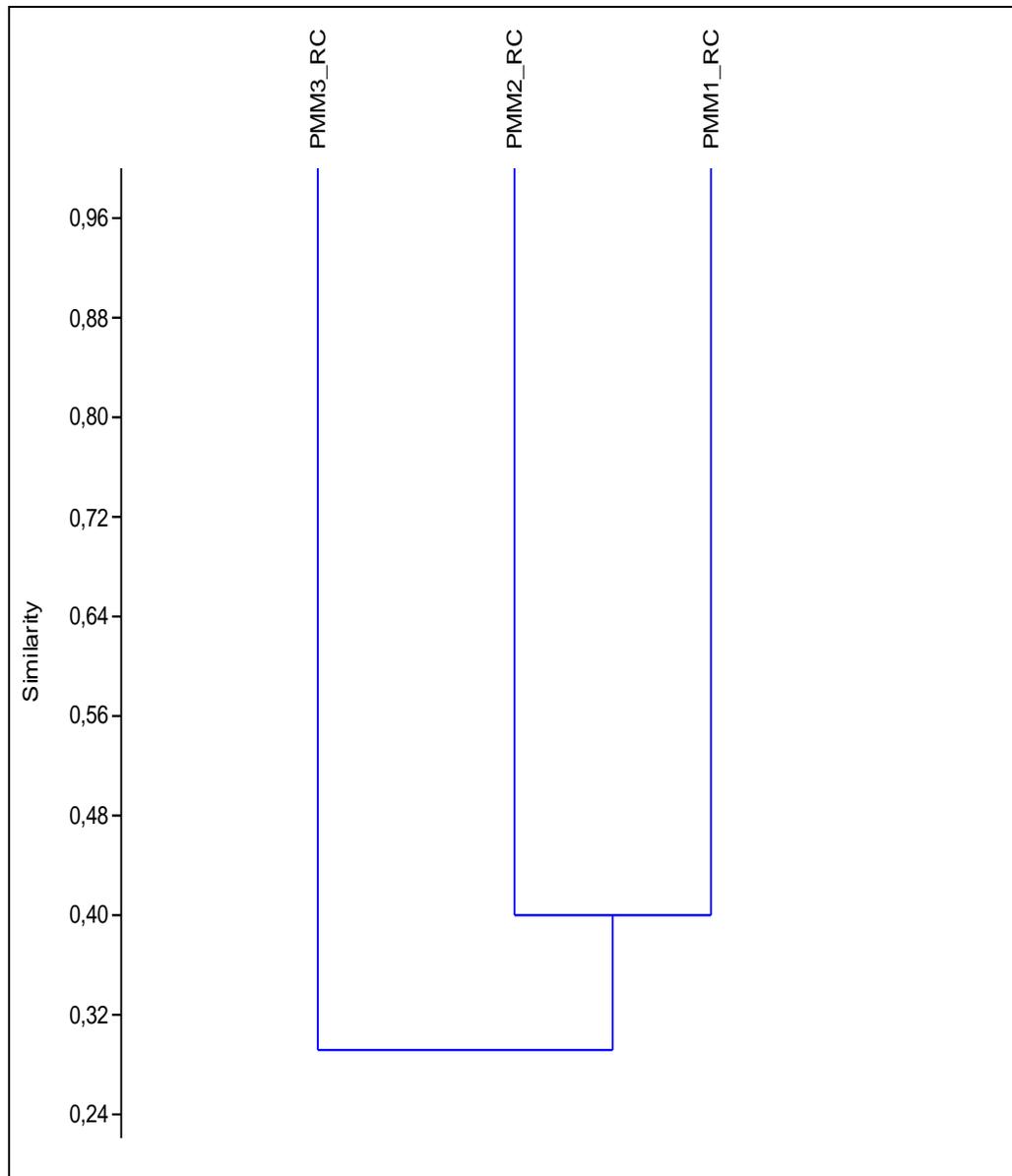


Gráfico 25-3: Clúster de Similitud de Macroinvertebrados en los 3 Puntos de Muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.5.3 *Resultados del índice de Similitud para el mes de febrero del 2017*

El análisis de Cluster indica que la similitud entre sitios de muestreo es del 0,37 % y los sitios de muestreo con mayor similitud son el PMM1_RC y PMM2_RC con el 45 %, esto se debe a las diferentes condiciones que presentó cada sitio de muestreo.

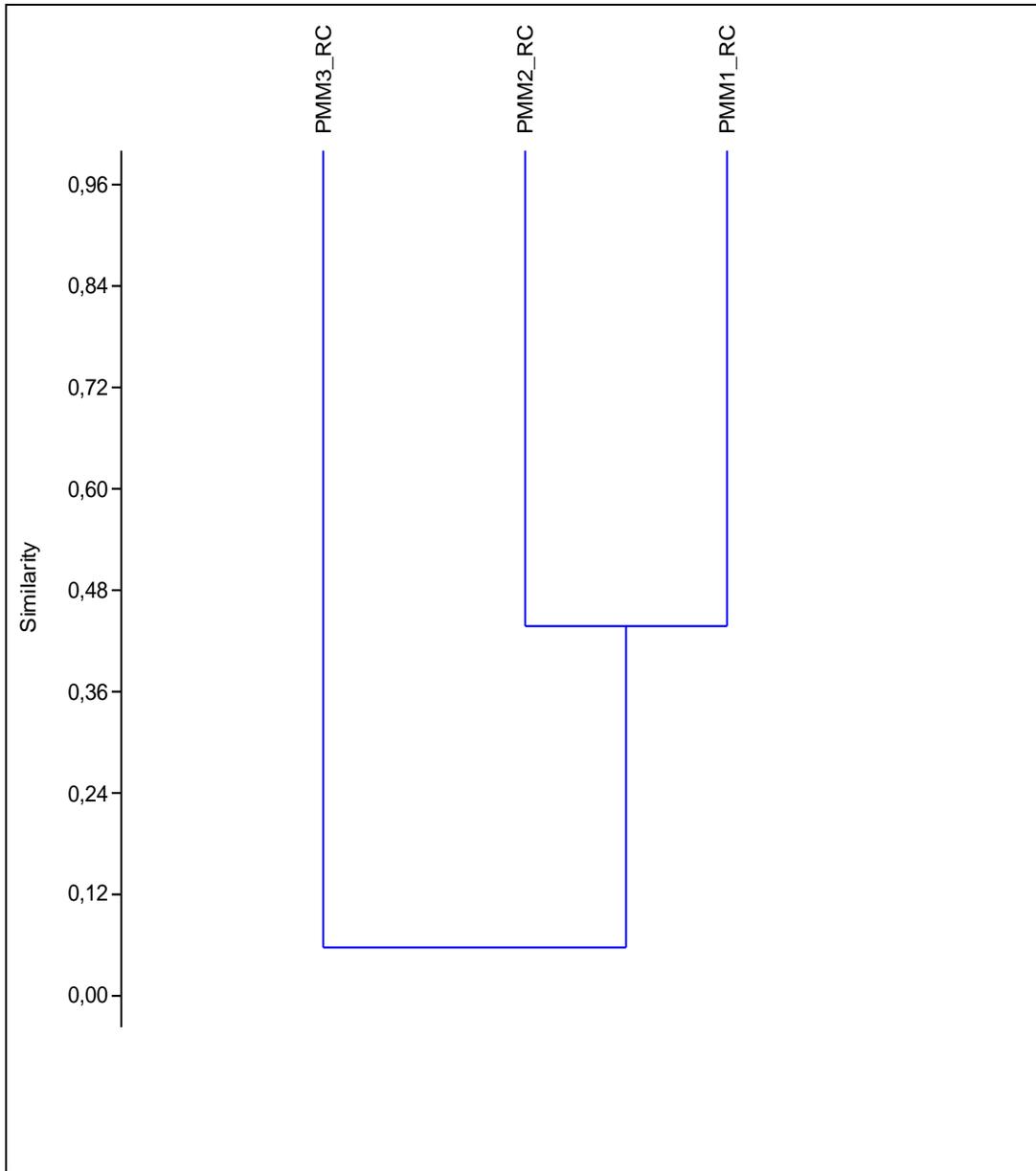


Gráfico 26-3: Clúster de Similitud de Macroinvertebrados en los 3 Puntos de Muestreo

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

3.6 Análisis ANOVA

Una vez ingresado los datos al programa estadístico SPSS, y utilizando el análisis ANOVA de un factor con la prueba post hoc, Tukey, con una significancia del 0,05, con una media armónica de 3, se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 13-3 Resultados ANNOVA para el índice EPT

EPT				
Tukey B ^a				
SITIO	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
PMM1_RC	3	52,700		
PMM2_RC	3		62,200	
PMM3_RC	3			65,600
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

La tabla 17-3 nos demuestra que la calidad del agua no es la misma en los tres puntos según el análisis ANOVA, pero debido a los resultados obtenidos estos son próximos entre sí y se encuentran dentro del mismo rango, por lo cual se determinó que la calidad del agua para este índice en promedio es BUENA en los tres puntos.

Tabla 14-3 Resultados ANNOVA para el índice BMWP

BMWP			
Tukey B ^a			
SITIO	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
PMM3_RC	3	31,333	
PMM2_RC	3		70,333
PMM1_RC	3		72,667
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.			

Realizado por: Lisbeth Padilla, 2016

La tabla 18-3 nos demuestra que la calidad del agua es la misma en dos puntos según el análisis ANOVA, donde sus resultados comparando con la tabla de rangos del índice BMWP los punto PMM1_RC y PMM2_RC son semejantes y corresponde a una calidad del agua ACEPTABLE, mientras que para el punto PMM3_RC se determinó que el tipo de agua es CRÍTICA

CONCLUSIONES

- Se determinó la evaluación de la calidad del agua del Río Coca, en los meses de mayo - octubre del 2016 y febrero del 2017, realizando un muestreo en cada mes; con la utilización de macroinvertebrados acuáticos mediante los índices BMWP y EPT.
- Los puntos de muestreo se establecieron en función al EIA de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia San José de Guayusa, (desarrollado por el GADMFO, 2012), se consideró el punto de descarga de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia San José de Guayusa, como PMM1_RC en coordenadas X=271040, Y= 9971765; el segundo punto (PMM2_RC), fue tomado a 1500m aguas arriba, en coordenadas X=271129, Y= 9973490; el tercer punto (PMM3_RC) se estableció a 500m aguas abajo, en coordenadas X=271129, Y= 9971344.
- El análisis BMWP, generó como valor en promedio para el punto PMM1_RC, un valor de 72 y en el PMM2_RC un valor de 70, mientras que el PMM3-RC se obtuvo un valor de 31. Al realizar el análisis EPT, se concluye que a través de la presencia de especies pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera, para el PMM1_RC se obtuvo un valor promedio de 52,7 para el PMM2_RC un valor promedio de 62,2 y para PMM3_RC un valor promedio de 65,6.
- Mediante el índice de diversidad de Shannon se determinó que los puntos PMM1_RC, PMM2_RC y PMM3_RC, presentan una diversidad media, durante las tres replicas, esto se debe a que no existe una variabilidad extensa en cuanto al número de familias en cada replica.
- El análisis de Cluster de los tres puntos de muestreo para cada una de las réplicas nos indica que la similitud entre ellos es de 0,78 % para la réplicas 1, 0,22 % para la réplica 2; y 0,37 % para la réplica 3 siendo los puntos de muestreo con mayor similitud el PMM1_RC y PMM2_RC en las tres replicas con el 50 %, 40 % y 45 % respectivamente, esto se puede atribuir a las actividades antropogénicas que existen en estos puntos , puesto que el PMM1_RC recibe las descargas del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento hacia al Río Coca, y también posee actividades de dragado; en el PMM2_RC,

ubicado aguas arriba, también existen actividades de dragado; por lo tanto en el PMM3_RC se observó una disminución de diversidad por las actividades que se realizan río arriba, y que afecta los microhabitats que ocupan los macroinvertebrados.

- Mediante el análisis BMWP, se concluye que los sitios PMM1_RC y PMM2_RC, presentan una calidad de agua ACEPTABLE, cuyas características son de aguas medianamente contaminadas, mientras que el PMM3_RC presenta aguas de calidad CRÍTICA, cuya característica es de aguas muy contaminadas. Para el análisis EPT por la presencia de especies pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera se concluye que la calidad de agua es BUENA en los tres sitios muestreados.

RECOMENDACIONES

- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana deberá monitorear los sitios cada 3 meses al año, para determinar con mayor certeza la riqueza existente en el área de muestreo.
- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana deberá solicitar un monitoreo biológico y físico-químico a los representantes legales de las mineras que efectúan cambios en el cauce del río Coca en la Parroquia San José de Guayusa.
- Tomar en cuenta para futuros monitoreos las especies pertenecientes a las familias señaladas como sensibles: Ptilodactylidae, Gomphidae, Perlidae, Hydrobiosidae, por su alta sensibilidad a las perturbaciones.
- Considerar realizar investigaciones con otro tipo de métodos, como físico-químicos para así garantizar la veracidad de los datos obtenidos en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Alonso. "Los Peces como Indicadores de la Calidad Ecológica del Agua". *Revista Digital Universitaria* [en línea] 2005 (México) 6(8), pp.2-14. [Consulta: 09 septiembre 2016].ISSN: 1067-6079. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago_art78.pdf

AGUIRRE, Jorge. Validación de los indicadores biológicos para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay [en línea] (tesis) (Pregrado)-Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de ciencias Agropecuarias y ambientales, Cuenca, Ecuador. 2011, p 24, [Consulta: 04 Agosto 2016]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf>

ÁLVAREZ, L. "Metodología para la Utilización de los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad Del Agua". *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt* [en línea] 2005, (Bogotá), p.5. [Consulta: 16 julio 2016]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>

CALLES, J. *La contaminación del agua en Ecuador* [blog] Ecuador, 25 abril 2012, [Consulta: 18 agosto 2016]. Disponible en: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/la-contaminacion-del-agua-en-ecuador.html>.

CALLES, J. *Monitoreo de la calidad y cantidad del agua* [blog] Ecuador, 08 julio 2016. [Consulta: 25 agosto 2016]. Disponible en: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2016/07/monitoreo-de-la-calidad-y-cantidad-del.html>.

CARRERA C. & FIERRO K. *Manual de Monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* [en línea]. Quito-Ecuador: EcoCiencia, 2001, pp 16-17. [Consulta: 22 Julio 2016]. Disponible en: https://issuu.com/fundacionecociencia/docs/manual_macroinvertebrados_acuaticos_ecociencia

CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO. *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.* [en línea] Bogota, 2012. [Consulta: 21 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>

CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO. *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.* [en línea] Bogotá, 2012. [Consulta: 22 septiembre 2016]. Disponible en: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la. En C. H. Ebro, & M. J. Fuente (Ed.). Barcelona, España http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm7-16059.pdf

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE JUNTA DE ANDALUCÍA. *El fitoplancton como indicador de calidad* [en línea]. Red de Información Ambiental de Andalucía, 2012. [Consulta: 18 Noviembre 2016]. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/ima/menuitem.5893969315ab596f7bbe6c6f5510e1ca/?vgnextoid=41340aba4104a310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=190cd127a1b09310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA. *Macroinvertebrados Acuáticos.* [en línea] Colombia, 2006. [Consulta: 13 septiembre 2016]. Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/a06.pdf

LUIZA DE LA CRUZ,. *Análisis de la Calidad de Agua del Río Pambay Mediante la Identificación de Macroinvertebrados para elaborar una propuesta de Plan de Manejo Ambiental.* (tesis) (Pregrado) [en línea] Universidad Nacional de Loja, Tena (Ecuador) 2015, pp 19-20 [Consulta: 23 julio 2016] Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10026>

FORERO, Adriana; REINOSOS Gladys & GUTIÉRREZ Carolina. “Evaluación de la Calidad del Agua del Río Opia mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos” *SciELO - Scientific Electronic Library Online* [en línea], 2009, (Colombia) 35(2), pp. 371-387. [Consulta: 21 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a12.pdf>

CASTRO, GERMÁN; GONZÁLEZ IGNACIO & VÁZQUEZ GABRIELA. “Bioindicadores como herramientas para determinar la Calidad del Agua”. *El Hombre y su Ambiente*. [en línea], 2006,(México), 28(6), pp. 41-48, [Consulta: 30 agosto 2016]. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>

GUEVARA, A; *Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua* [en línea].Lima (1996). Lima, CEPIS . [Consulta: 10 noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>

Hanson Paúl, Springer Monika & Ramirez Alonso. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. SciELO - Scientific Electronic Library Online (2010)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES “Deforestación y afectación de los ecosistemas por ocupación del territorio y actividades económicas” *Informe del estado del Medio ambiente y de los Recursos Naturales*. [en línea], 2014, (Colombia) 2 (4), pp 10-367. [Consulta: 05 diciembre 2016]. Disponible en http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023437/Informe_Tomo2.pdf

LARREA, Jeny; ROJAS, Marcia; ROMEU Beatriz; ROJAS Nidia & HEYDRICH Mayra “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas” Centro Nacional de Investigaciones Científicas Cuba. [en línea].2013,(Cuba) 44(3), pp. 24-34. [Consulta: 28 noviembre 2016]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>

JIMÉNEZ ORTIZ, Gianella. Caracterización de Biota Acuática en el Curso medio del Río Puyo como Indicadores de Calidad Ambiental (tesis) (Pregrado) Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias, Escuela De Ingeniería Ambiental. Puyo, Pastaza, Ecuador. 2013. pp 21-22. [Consulta: 05 octubre 2016]. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:R5ehYLyB0NEJ:repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/136/JIM%25C3%2589NEZ%2520ORT%25C3%258DZ%2520GIANELLA%2520ADRIANA.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+%&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

MANCHAY REYES, Mónica Elizabeth. Propuesta De Monitoreo Para Evaluar La Calidad De Agua En Los Ríos Yacuchingari Y Zabala Situados En La Parroquia Tutupali Del Cantón

Yacuambi (tesis) (Pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Biológicas Y Ambientales, Loja, Ecuador.2009. pp. 13, 16. [Consulta: 20 octubre 2016]. Disponible en: [UTPL_Manchay_Reyes_Mónica_Elizabeth_1062995.pdf](#)

OLAYA, Verónica. Evaluación de la Calidad de Agua de la Microcuenca Cayamatza del Cantón El Pangui, a través del uso de Bioindicadores [en línea] (tesis) (Pregrado)-Universidad Nacional de Loja, Facultad de ciencias, Carrera de Ingeniería en manejo y Conservación del ambiente, Loja, Ecuador. 2011, pp 14-15, [Consulta: 04 Diciembre 2016]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5057/1/Olaya%20Valdiviezo%20Ver%C3%B3nica.pdf>

PDYOT. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San José de Guayusa. 7.

ARCOS, Raúl; DÍAZ, Gerardo & DOMÍNGUEZ. Alejandra (31 de Octubre de 2002). Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. p. 3 *MACROFITAS ACUÁTICAS: ¿CONTAMINANTES O SOLUCIONES DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS?* Cancún, México. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/ii-007.pdf>

ANEXOS

ANEXO A MANUAL DE MONITOREO LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Manual de monitoreo



Los
**macroinvertebrados
acuáticos**
como indicadores de la
calidad del agua

ANEXO B LUGAR DE MUESTREO PUNTO 1 PMM1_RC



LUGAR DE MUESTREO PUNTO 2 PMM2_RC.



LUGAR DE MUESTREO PUNTO 3 PMM3_RC.



ANEXO C RECOLECCIÓN DE MUESTRAS CON RED SURBER

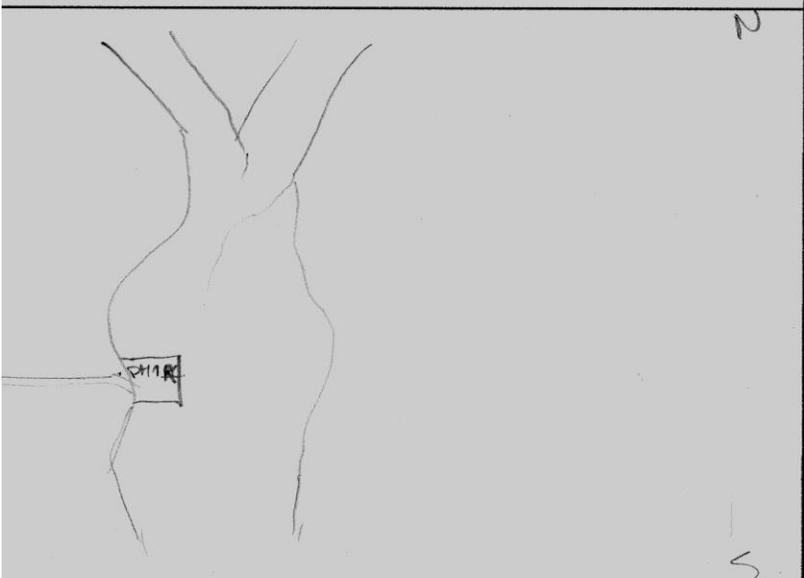
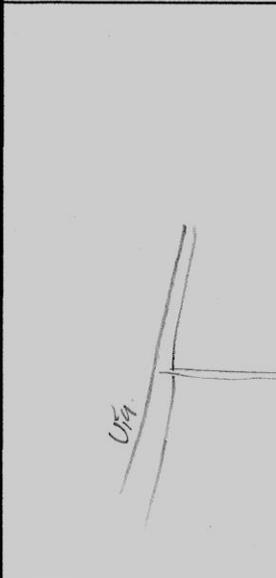




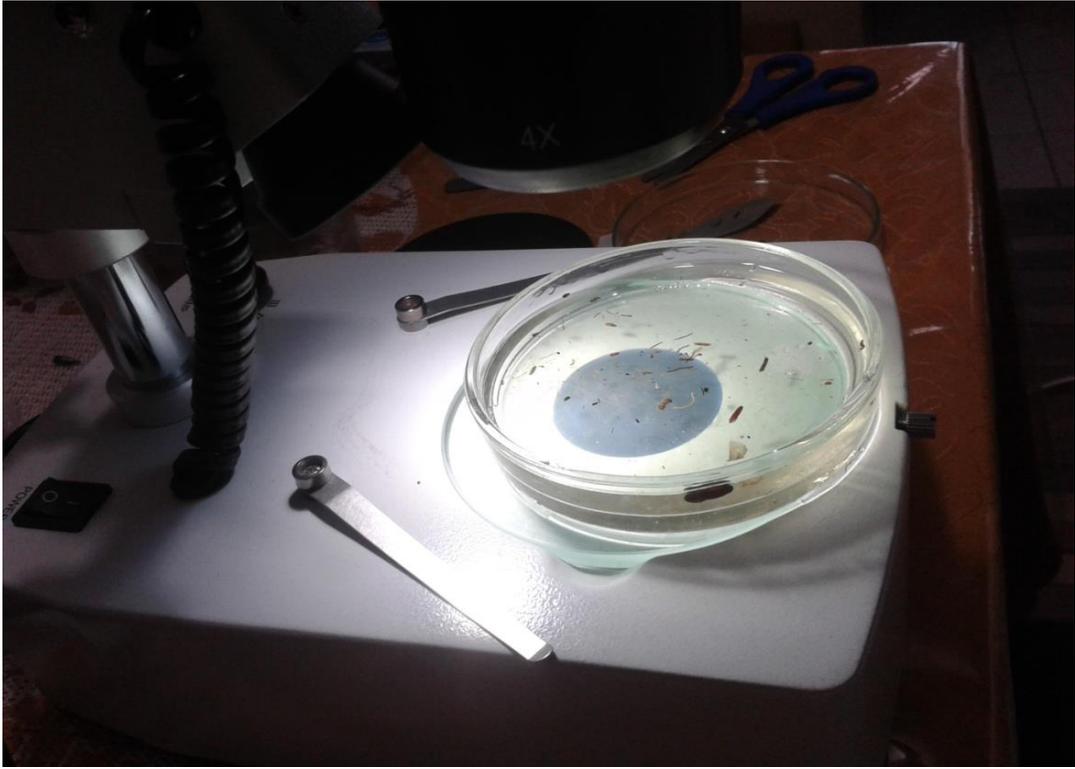
ANEXO D RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON AYUDA DE UNA BANDEJA Y UNA PINZA



**ANEXO E MODELO DE FICHA DE CAMPO UTILIZADA PARA LA INVESTIGACIÓN
EN CADA UNO DE LOS PUNTOS**

Proyecto:				Técnico:			
Canton:	Francisco de Orellana	Fecha:	14-05-2016	Provincia:	Orellana		
Coordenadas:		Parroquia:	San José de Guayusa	Código:	PMH1-PC		
27 10 40	99 71 76 S	Cuerpo de agua:	Río Ioca	Vegetación a la orilla del río:	sumergidas o		
o: Si, pero no presenta vegetación emergente, flotante				Flora y fauna en sus alrededores:	intervenido, se evidencia		
dores Presenta vegetación de bosque secundario				Cultivos:	plátano		
aria la existencia de aves y mamíferos (sujino y zariguella)				Ganado:	Bovina		
o, Yuca				Aguas de río canalizadas, r			
, gascion				Tipo de corriente:			
epresadas o desviadas:		Dragado.		Transparencia:	Ancho del río:		
fuerzosa en el canal y quieta en el área del Banco				Olor:			
oscura				Sustrato:	arenoso		
120 m				Basura:	NO		
y lodoso				Desechos industriales:			
NO				Derrumbes:	SI		
				UBICACIÓN			
							

**ANEXO F IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS
CON LA AYUDA DE ESTÉREO-MICROSCOPIO SNELL**



IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS POR FAMILIA Y ORDEN.



ANEXO G MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS.

ptilodactylidae - *Anchytarsus* sp.



Elmidae - *Macrelmis* sp.



Chironomidae - *Pentaneura* sp.



Chironomidae - *Chironominae* sp.



Simuliidae – *Simulium*



Baetidae - *Baetis* sp.



Baetidae - *Americabaetis* sp.



Leptophlebiidae - *Thraulodes* sp.



Hydropsychidae - *Leptonema* sp.



ANEXO H ANÁLISIS DE AGUA

 LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemedo S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° CAE LE 20-07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	INFORME DE ENSAYO N°: 109 527		
	SPS: 16 - 2 059	Análisis de agua	

Coca, 15 de julio de 2016

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn. Ing. Viviana Duchicela.
Dirección: Jefatura de Calidad Ambiental.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Señ. Lisbeth Padilla.
 Fecha hora de toma de muestra.....2 016 07 06 15:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio2 016 07 06 17:20.
 Fecha del análisis.....2 016 07 06 a 2 016 07 15.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 27,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu.....Identificación de la muestra.
 a 2 123.....Muestra de Agua punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de San José Guayusa.

Coordenadas:

X.....270583 E
Y.....9973466 N

2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 2 123	Límite máximo permisible	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	--	7,77	6 - 9	PEE-LABSU-02	SM 4500-11+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	135,71	1 000	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/l	34	130	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	--
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	10,78	200	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 17%
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	100	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	--
6	Cloro residual libre total	mg/L	< 0,30	0,5	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
7	Cloruros	mg/L	21,98	1 000	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cf B	± 10%
8	*Flúoruros	mg/L	< 0,10	5,0	PEE-LABSU-78	HACH 8029	--
9	Sulfatos	mg/L	< 10,00	1 000	PEE-LABSU-42	SM 4500-SO ₄ B	± 17%
10	*Cianuro libre	mg/L	< 0,010	0,1	PEE-LABSU-36	HACH 8027	--
11	Arsénico	mg/L	< 0,005	0,1	PEE-LABSU-34	EPA 3050B, SM 3114C	± 25%
12	Bario	mg/l	< 0,30	2,0	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
13	*Cadmio	mg/L	< 0,02	0,02	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 H	--
14	Cobre	mg/L	< 0,20	1,0	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 H	± 22%
15	*Cromo hexavalente	mg/L	< 0,05	0,5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 H	--
16	Hierro total	mg/L	1,14	10,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 H	± 26%
17	Manganeso total	mg/L	0,11	2,0	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 H	± 22%
18	*Mercurio	mg/L	< 0,002	0,005	PEE-LABSU-11	SM 3030 B, 3112 B	--
19	Piombo total	mg/L	< 0,15	0,2	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 H	± 30%
20	Níquel	mg/L	< 0,10	2,0	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 H	± 24%
21	*Zinc	mg/L	< 0,05	5,0	PEE-LABSU-29	SM 3030 B, 3111 H	--
22	Detergentes	mg/L	< 0,010	0,5	PEE-LABSU-48	HACH 8028	± 29%
23	Hydrocarburos totales	mg/l	< 0,05	20,0	PEE-LABSU-80	SM 5520	± 15%
24	*Aceites y grasas	mg/L	< 0,05	30,0	PEE-LABSU-80	SM 5520	--

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación.

MC2201-05

Página 1 de 2

 LABSU Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefonos: (593)06- 2881105		 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 20 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	INFORME DE ENSAYO N°: 109 527		
SPS: 16 - 2 059	Análisis de agua		

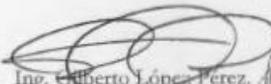
Ítem	Parámetros	Unidad	a 2 123	Límite máximo permisible	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
25	Fenoles	mg/l.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-05	DIN 38409-1116-1	± 21%
26	Color real	PtCo	< 15	**	PEE-LABSU-84	ILACTI 8025	± 25%
27	Nitrógeno amoniacal	mg/l.	0,12	30,0	PEE-LABSU-41	SM 4500 NH ₃ J	± 20%
28	Cóloformes fecales	Col/100 ml.	450	2 000	PEE-LABSU-45	SM 9222 D	± 5%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2018.

Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Ing. Gilberto López Pérez,
 DIRECTOR TÉCNICO




Ing. Homero Vela W.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.