



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

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

Perfil del Proyecto de Investigación:

**“RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD HÍDRICA EN EL RÍO
PILALÓ, COTOPAXI, ECUADOR”**

Autor:

Vega Chugchilán Ismael Jesùs

Docente Auspiciante:

Ing. Norma Guerrero Chuez MSc.

**Quevedo-Los Ríos- Ecuador
2018**

**RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD HÍDRICA EN EL RÍO
PILALÓ, COTOPAXI, ECUADOR.**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ISMAEL JESÚS VEGA CHUGCHILÁN** declaro que el presente trabajo es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Ismael Jesús Vega Chugchilán

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Ing. NORMA GUERRERO CHUEZ MSc**, docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Ismael Jesús Vega Chugchilán**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Relación entre los Usos de Suelo y los Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la Calidad Hídrica en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador.**” previo a la obtención del título de **Ingeniero en Gestión Ambiental**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Norma Guerrero Chuez MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD HÍDRICA EN EL RÍO
PILALÓ, COTOPAXI, ECUADOR.**

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Yarelys Ferrer Sánchez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blgo. Juan P. Urdánigo Zambrano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ángel Yépez Rosado

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la vida, ser mi guía y darme la fortaleza para seguir adelante cada día.

A mis amigos, que siempre han estado en las buenas y malas apoyándome.

A mi mamá por su infinito amor, su apoyo en todo momento y sus buenos consejos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Ambientales por cumplir con esa gran responsabilidad de educar y formar a los jóvenes estudiantes y a todos los docentes que han impartido sus conocimientos en las aulas.

*Un agradecimiento afectuoso y sincero a mi directora de tesis
Ing. Norma Guerrero MSc; por su amistad y constante motivación.*

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis con mi amor y el más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía y darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, a mis amigos por brindarme su amistad y su colaboración en los momentos que los necesitaba, a mis familiares y en especial a mi mamá, por haberme motivado y brindado siempre su apoyo incondicional para lograr la culminación de mis estudios profesionales, ya que siempre me impulsó el deseo de alcanzar las metas aún en las adversidades de la vida, por sus enseñanzas de honestidad, humildad y por su infinito amor de todo corazón muchas gracias.

Ismael Jesús Vega Chugchilán

RESUMEN EJECUTIVO

Los macroinvertebrados acuáticos cumplen importantes funciones en la transformación de la materia orgánica fina y gruesa, por ende, son un componente fundamental en la dinámica y funcionamiento del río. El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha ido generalizando alrededor del mundo. En Ecuador, el uso de este método se ha ido introduciendo en forma exponencial en los últimos 10 años; esto principalmente debido a que la combinación del análisis de macroinvertebrados con la experimentación de parámetros físico-químicos ha dado resultados altamente efectivos en lo que respecta a la calidad de agua. El objetivo de la presente investigación fue “evaluar la Influencia del uso de suelo en la calidad hídrica del río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador”. Las metodologías utilizadas para el cumplimiento de la investigación fueron: la aplicación de los índices de Diversidad de Shannon-Weaver, Índice de margalef, Dominancia de Simpson, el índice del hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR), la descripción de las características físico-químicas del agua del río Pilaló y la aplicación del índice BMWP-Cr, para evaluar el efecto del uso de suelo sobre la calidad de agua. Para obtener los resultados de la caracterización de las familias de macroinvertebrados acuáticos de los usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola del río Pilaló, durante los meses de (enero a marzo del 2018), se establecieron tres puntos de muestreo en cada uso de suelo, en donde se determinó que las órdenes con mayor abundancia fueron: orden Ephemeroptera familia Baetidae de género *Baethodes* (97) y el orden Hemiptera familia Naucoridae género *Limnocoris* (142). De acuerdo a los rangos de calidad del índice QBR, presenta la puntuación más alta con 95 en (Bosque-3), por lo tanto su nivel de calidad se califica como “estado natural”, sin embargo (Pastizal 1, 3 y Agrícola-2) que tienen las puntuaciones más bajas con 15, 12,5 y 25 se califica como “calidad pésima”. En cuanto a los índices de calidad de hábitat fluvial, determina que el (Bosque 1 y 3) y (Pastizal-1) presentan una calidad “moderada” de IHF, en cambio en (Agrícola-2) que tiene la puntuación más baja presenta una calidad “mala”. Referente a los Índices de Diversidad “Dominancia de Simpson, Shannon-Wiener y Riqueza de Margalef” el sitio que mostró alta dominancia de especie con mayor diversidad moderada, fue el uso de suelo (Agrícola-1) en enero. Las muestras de similitud Jaccard agrupa a los usos de suelo que se encuentra intervenidas por actividades agrícolas y ganaderas en un solo grupo, ya que presentan similitud entre los géneros *Leptonema*, *Scrimidea* sp, *Brechmorhoga*, *Thraulodes*, *Limnocoris* y *Coridalus* sp,

separando al uso de suelo (Bosque) debido a que la similitud que presenta es menor al primer grupo, ya que presentan semejanzas en los siguientes géneros: Leptonema Scrimidea sp, Traverella, Leptohypes, Limnocoris y Coridalus sp, debido a que sus características y estado ecológico casi no presentan intervención antropogénica por lo que la similitud es menor con un 9%. De acuerdo al índice biológico BMWP-Cr, en el monitoreo del río Pilaló para el uso de suelo (Bosque), en el mes de enero se obtuvo la puntuación más alta de 69 y 64 que en la ejecución del índice dio como resultado que el agua del río Pilaló presentó aguas de “Calidad regular, eutrofia contaminación moderada”, en cambio en marzo el uso de suelo (Agrícola) con una puntuación de 15 presentó aguas “de calidad muy mala, extremadamente contaminada”.

Palabras clave: Calidad de agua, macroinvertebrados acuáticos, índice BMWP-Cr, índice IHF y QBR.

ABSTRACT

Aquatic macroinvertebrates have important functions in the transformation of fine and coarse organic matter, therefore, they are a fundamental component in the dynamics and functioning of the river. The use of macroinvertebrates as indicators of water quality it is gone generalizing around of the world. In Ecuador, the use of this method it is gone introducing in shape exponential in the last 10 years; this mainly due to what the combination of analysis of macroinvertebrates With the experimentation of physical-chemical parameters has given highly effective results as far as water quality is concerned. The objective of the present investigation was "Evaluate The influence of the use of soil in the quality water from the river Pilaló, Cotopaxi, Ecuador". The methodologies used for the fulfillment of the research were: the application of the Shannon-Weaver Diversity indices, margalef Index, Simpson Dominance, the fluvial habitat index (IHF) and quality of riverbank forest (QBR), the description of the physical-chemical characteristics of the water of the Pilaló river and the application of the BMWP-Cr index, to evaluate the effect of land use on water quality. For obtain the results of the characterization of the aquatic macroinvertebrate families of the uses of soil: Forest, Pastizal and Agrícola of the Pilaló river, during the months of (January to March of the 2018), three sampling points were established in each land use, where it was determined that the orders with greater abundance were: order Ephemeroptera family Baetidae of genus Baethodes (97) and the order Hemiptera family Naucoridae genus Limnocoris (142). According to the quality ranges of the QBR index, it presents the punctuation highest with 95 in (Forest-3), therefore, its quality level is classified as "natural state", however (Pastizal 1, 3 and Agrícola-2) that have the lowest scores with 15, 12.5 and 25 are qualified as "quality appalling". Regarding the fluvial habitat quality indices, it determines that the (Forest 1 and 3) and (Pastizal-1) present a "moderate" quality of IHF, in change in (Agricultural-2) that has the punctuation more low presents a quality "Bad". Referring to the Indices of Diversity "Dominance of Simpson, Shannon-Wiener and Wealth of Margalef" the site that showed high dominance of species with higher moderate diversity was the using of soil (Agricultural-1) in January. The samples of similarity Jaccard to group the uses of soil what it's found intervened by agricultural and livestock activities in a single group, since they present similarity between the genera Leptonema, Scrimidea sp, Brechmorhoga, Thraulodes, Limnocoris and Coridalus sp, separating the use of soil (Forest) because the similarity what presents is smaller to the first group, since they present similarities in the

following genders: Leptonema Scrimidea sp, Traverella, Leptohypes, Limnocoris and Coridalus sp, due to what their characteristics and ecological status almost not present anthropogenic intervention so the similarity is lower with 9%. From According to the biological index BMWP-Cr, in the monitoring of the Pilaló river for the use of soil (Forest), in the month from January it was obtained the punctuation plus high of 69 and 64 what in the execution of the index gave as result what he Water of the river Pilalo presented water from "Quality regular, eutrophy contamination moderate ", in change in March the use of soil (Agricultural) with a punctuation of 15 presented waters "of quality very bad, extremely contaminated".

Key words: Water quality, aquatic macroinvertebrates, BMWP-Cr index, IHF index and QBR.

ÍNDICE

Portada.....	i
Declaración de auditoría y sección de derechos.....	iii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iv
Agradecimineto	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen ejecutivo.....	viii
Abstract.....	x
Intriducción.....	1
CAPÍTULO I, CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>1</i>
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Diagnóstico.....	4
1.1.3. Pronostico	4
1.1.4. Formulación del problema.....	5
1.1.5. Sistematización del problema	5
1.2. OBJETIVOS.....	6
1.2.2. Específicos	6
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO II, FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN. ..	8
2.1. Marco teórico	9
2.1.1. El agua.....	9
2.1.2. Aguas superficiales.....	9
2.1.3. Calidad de agua	9
2.1.4. Uso de suelo	9
2.1.5. Oxígeno disuelto (OD)	10
2.1.6. Turbiedad.....	10
2.1.7. pH.....	10
2.1.8. Color.....	10
2.1.9. La temperatura.....	11
2.1.10. Conductividad.....	11
2.1.11. Bioindicadores	11
2.1.12. Macroinvertebrados Bentónicos	11
2.1.13. Índices bióticos.....	12
2.1.14. Índice BMWP-Cr.....	12
2.1.15. Índice de Simpson (1949).....	12
2.1.16. Índice de Shannon-Wiener	12
2.1.17. Índice de Margaleff	12
2.1.18. Índices de diversidad	13
2.1.19. Índice de hábitat fluvial (IHF)	13
2.1.20. Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)	13
2.2. Marco referencial	14
CAPÍTULO III, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1. Localización del área de estudio	19

3.2. Tipo de Investigación	20
3.3. Métodos de investigación.....	20
3.3.1. Método de Observación.....	21
3.3.2. Método Deductivo	21
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	21
3.5. Monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos	21
3.6. Determinar la estructura de macroinvertebrados acuáticos, mediante la aplicación de índices de diversidad.	22
3.6.1. Índices de Diversidad	22
3.6.1.1. Diversidad de Shannon- Weaver	22
3.6.1.2. Índice de Margalef.....	23
3.6.1.3. Dominancia de Simpson.....	23
3.6.2. Aplicar el índice del hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR).	23
3.6.3. Describir las características físico-químicas del agua del río Pilaló.	24
3.6.4. Evaluar el efecto del uso de suelo sobre la calidad de agua, mediante la aplicación del índice BMWP-Cr.	24
3.6.4.1. Instrumentos de investigación	25
3.6.4.2. Tratamiento de los datos.....	25
3.6.5. Recursos humanos y materiales.....	26
 CAPÍTULO IV, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Pilaló.....	28
Índices de Diversidad	38
4.2. Resultados del Índice de Dominancia de Simpson, Diversidad Shannon-Wiener y la Riqueza de Margalef.	38
4.2.1. Índice de Dominancia de Simpson	39
4.2.2. Índice Diversidad Shannon-Wiener.....	39
4.2.3. Índice de la Riqueza de Margalef	39
4.3 Aplicación de los índices QBR e IHF.	40
4.3.1. Índice QBR para bosque, pastizal y agrícola.	40
4.3.2. Índice IHF para bosque, pastizal y agrícola.....	41
4.4. Características Físico-químicas.....	42
4.4.1. Similitud de familias de macroinvertebrados por sustratos JACCARD	44
4.4.2. Análisis de Correspondencia Canónica ACC	45
4.5. Aplicación del índice (BMWP-Cr) por cada mes de monitoreo en los tres usos de suelo en el río Pilaló, Cotopxi, Ecuador.....	47
 CAPÍTULO V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	50
5.1. Conclusiones	51
5.2. Recomendaciones.....	53
 CAPÍTULO VI, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXO.....	54
6.1. Bibliografía.....	55
6.2. Anexo	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del sitio de estudio.	22
Tabla 2. Valoración del índice IHF.	23
Tabla 3. Niveles de calidad del índice QBR.....	24
Tabla 4. Puntuación del índice BMWP-Cr.....	25
Tabla 5. Materiales a utilizar	26
Tabla 6. Presencia y ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola.	29
Tabla 7. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola.	31
Tabla 8. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Bosque) de la provincia de Cotopaxi.....	34
Tabla 9. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Pastizal) de la provincia de Cotopaxi.	35
Tabla 10. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Agrícola) de la provincia de Cotopaxi.....	36
Tabla 11. Resultados de los índices de diversidad del uso de suelo (Bosque, Pastizal y Agrícola).....	38
Tabla 12. Valores altos y bajos de los índices de diversidad.	38
Tabla 13. Valores de los parámetros físico-químicos.	42
Tabla 14. Géneros de los macroinvertebrados acuáticos.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de aplicación del índice QBR, para los tres usos de suelo.....	41
Gráfico 2. Resultados del IHF, de enero a marzo para los tres usos de suelo.	42
Gráfico 3. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Bosque.	47
Gráfico 4. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Pastizal.....	47
Gráfico 5. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Agrícola.	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de localización del área de estudio.	19
Ilustración 2. Mapa de localización de los puntos de monitoreo.....	20
Ilustración 3. Dendrograma de similitud de los tres usos de suelo del río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador.....	44
Ilustración 4. Imagen del Análisis de Correspondencia Canónica.	45

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos Como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador”			
Autor:	Vega Chugchilán Ismael Jesús			
Palabra clave:	calidad de agua	macroinvertebrados acuáticos	Índice BMWP-Cr	Índice IHF y QBR
Fecha de publicación:	31 de mayo del 2018			
Editorial:	UTEQ			
Resumen	Resumen.– Los macroinvertebrados acuáticos cumplen importantes funciones en la transformación de la materia orgánica fina y gruesa, por ende, son un componente fundamental en la dinámica y funcionamiento del río. El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha ido generalizando alrededor del mundo. En Ecuador, el uso de este método se ha ido introduciendo en forma exponencial en los últimos 10 años; esto principalmente debido a que la combinación del análisis de macroinvertebrados con la experimentación de parámetros físico-químicos ha dado resultados altamente efectivos en lo que respecta a la calidad de agua. El objetivo de la presente investigación fue “evaluar la Influencia del uso de suelo en la calidad hídrica del río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador”. Las metodologías utilizadas para el cumplimiento de la investigación fueron: la aplicación de los índices de Diversidad de Shannon-Weaver, Índice de margalef, Dominancia de Simpson, el índice del hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR), la descripción de las características físico-químicas del agua del río Pilaló y la aplicación del índice BMWP-Cr, para evaluar el efecto del uso de suelo sobre la calidad de agua. Para obtener los resultados de la caracterización de las familias de macroinvertebrados acuáticos de los usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola del río Pilaló, durante los meses de (enero a marzo del 2018), se establecieron			

tres puntos de muestreo en cada uso de suelo, en donde se determinó que las órdenes con mayor abundancia fueron: orden Ephemeroptera familia Baetidae de género *Baethodes* (97) y el orden Hemiptera familia Naucoridae género *Limnocoris* (142). De acuerdo a los rangos de calidad del índice QBR, presenta la puntuación más alta con 95 en (Bosque-3), por lo tanto su nivel de calidad se califica como “estado natural”, sin embargo (Pastizal 1, 3 y Agrícola-2) que tienen las puntuaciones más bajas con 15, 12,5 y 25 se califica como “calidad pésima”. En cuanto a los índices de calidad de hábitat fluvial, determina que el (Bosque 1 y 3) y (Pastizal-1) presentan una calidad “moderada” de IHF, en cambio en (Agrícola-2) que tiene la puntuación más baja presenta una calidad “mala”. Referente a los Índices de Diversidad “Dominancia de Simpson, Shannon-Wiener y Riqueza de Margalef” el sitio que mostró alta dominancia de especie con mayor diversidad moderada, fue el uso de suelo (Agrícola-1) en enero. Las muestras de similitud Jaccard agrupa a los usos de suelo que se encuentra intervenidas por actividades agrícolas y ganaderas en un solo grupo, ya que presentan similitud entre los géneros *Leptonema*, *Scrimidea* sp, *Brechmorhoga*, *Thraulodes*, *Limnocoris* y *Coridalus* sp, separando al uso de suelo (Bosque) debido a que la similitud que presenta es menor al primer grupo, ya que presentan semejanzas en los siguientes géneros: *Leptonema*, *Scrimidea* sp, *Traverella*, *Leptohypes*, *Limnocoris* y *Coridalus* sp, debido a que sus características y estado ecológico casi no presentan intervención antropogénica por lo que la similitud es menor con un 9%. De acuerdo al índice biológico BMWP-Cr, en el monitoreo del río Pilaló para el uso de suelo (Bosque), en el mes de enero se obtuvo la puntuación más alta de 69 y 64 que en la ejecución del índice dio como resultado que el agua del río Pilaló presentó aguas de “Calidad regular, eutrofia contaminación moderada”, en cambio en marzo el uso de suelo (Agrícola) con una puntuación de 15 presentó aguas “de calidad muy mala, extremadamente contaminada”.

Abstract.- Aquatic macroinvertebrates have important functions in the transformation of fine and coarse organic matter, therefore, they are a

fundamental component in the dynamics and functioning of the river. The use of macroinvertebrates as indicators of water quality it is gone generalizing around of the world. In Ecuador, the use of this method it is gone introducing in shape exponential in the last 10 years; this mainly due to what the combination of analysis of macroinvertebrates With the experimentation of physical-chemical parameters has given highly effective results as far as water quality is concerned. The objective of the present investigation was "Evaluate The influence of the use of soil in the quality water from the river Pilaló, Cotopaxi, Ecuador". The methodologies used for the fulfillment of the research were: the application of the Shannon-Weaver Diversity indices, margalef Index, Simpson Dominance, the fluvial habitat index (IHF) and quality of riverbank forest (QBR), the description of the physical-chemical characteristics of the water of the Pilaló river and the application of the BMWP-Cr index, to evaluate the effect of land use on water quality. For obtain the results of the characterization of the aquatic macroinvertebrate families of the uses of soil: Forest, Pastizal and Agrícola of the Pilaló river, during the months of (January to March of the 2018), three sampling points were established in each land use, where it was determined that the orders with greater abundance were: order Ephemeroptera family Baetidae of genus Baethodes (97) and the order Hemiptera family Naucoridae genus Limnocoris (142). According to the quality ranges of the QBR index, it presents the punctuation highest with 95 in (Forest-3), therefore, its quality level is classified as "natural state", however (Pastizal 1, 3 and Agrícola-2) that have the lowest scores with 15, 12.5 and 25 are qualified as "quality appalling". Regarding the fluvial habitat quality indices, it determines that the (Forest 1 and 3) and (Pastizal-1) present a "moderate" quality of IHF, in change in (Agricultural-2) that has the punctuation more low presents a quality "Bad". Referring to the Indices of Diversity "Dominance of Simpson, Shannon-Wiener and Wealth of Margalef" the site that showed high dominance of species with higher moderate diversity was the using of soil (Agricultural-1) in January. The samples of similarity

	Jaccard to group the uses of soil what it's found intervened by agricultural and livestock activities in a single group, since they present similarity between the genera Leptonema, Scrimidea sp, Brechmorhoga, Thraulodes, Limnocoris and Coridalus sp, separating the use of soil (Forest) because the similarity what presents is smaller to the first group, since they present similarities in the following genders: Leptonema Scrimidea sp, Traverella, Leptohypes, Limnocoris and Coridalus sp, due to what their characteristics and ecological status almost not present anthropogenic intervention so the similarity is lower with 9%. From According to the biological index BMWP-Cr, in the monitoring of the Pilaló river for the use of soil (Forest), in the month from January it was obtained the punctuation plus high of 69 and 64 what in the execution of the index gave as result what he Water of the river Pilalo presented water from "Quality regular, eutrophy contamination moderate ", in change in March the use of soil (Agricultural) with a punctuation of 15 presented waters "of quality very bad, extremely contaminated".
Descripción: #	hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD – ROM
URI:	

INTRODUCCIÓN

Dentro de una cuenca hidrográfica, el movimiento de la escorrentía de lluvia acarrea solutos y partículas hacia los ríos, además determina la cantidad de agua y de sedimentos que entran a los cuerpos de agua y define en gran medida la geomorfología y fisicoquímica de estos ecosistemas. En combinación, estas características definen el ambiente acuático y son en parte responsables de la alta biodiversidad que se encuentra en ellos (1).

La intervención humana en los paisajes es la principal amenaza de la integridad ecológica de los ecosistemas ribereños, pues impacta en el hábitat, calidad del agua y la biota por medio de diferentes y complejas rutas. Conforme se incrementa el disturbio en el uso del suelo por las actividades antrópicas, se hace indispensable determinar la forma en que éstas influyen en la estructura y función de los ecosistemas acuáticos, particularmente en los ríos, así como el potencial de restauración que puede tener el ecosistema impactado dado su alto nivel de susceptibilidad a los disturbios (2).

Diversas investigaciones han demostrado que la sustitución de la vegetación natural por otros usos del suelo (pastizales, uso agrícola o urbano) puede influir en el hábitat y en las comunidades acuáticas de distintas formas. La pérdida de vegetación terrestre puede desencadenar diversas modificaciones, como alteraciones en la evapotranspiración, infiltración y el régimen del flujo de agua; aumento en el ingreso de sedimentos, alteración en el sustrato del río y modificación en la diversidad de organismos acuáticos; así como el incremento en el régimen de radiación solar y en la temperatura (2).

Los macroinvertebrados acuáticos cumplen importantes funciones en la transformación de la materia orgánica fina y gruesa, por ende, son un componente fundamental en la dinámica y funcionamiento del río. Debido a esto, han desarrollado modificaciones morfológicas y fisiológicas, que les ayudan a la adaptación en el hábitat, como son las estrategias alimenticias, las cuales, se organizan en grupos funcionales (3).

El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha ido generalizando alrededor del mundo. En Ecuador, el uso de este método se ha ido introduciendo en forma exponencial en los últimos 10 años; esto principalmente debido a que la combinación del análisis de macroinvertebrados con la experimentación de parámetros físico-químicos ha dado resultados altamente efectivos en cuanto a calidad de agua se refiere (4).

Teniendo en cuenta que en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador, existe escasa información de estudios que nos permitan determinar la calidad del agua en relación a los usos de suelo existentes en el lugar, se realizó la presente investigación con el fin de conocer las posibles afectaciones y alteraciones causadas por los usos de suelo “Bosque, Pastizal y Agrícola” a los macroinvertebrados acuáticos y a los parámetros físico-químicos, que por medio de la aplicación del índice BMWP-Cr se determinó la calidad del agua actual.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Algunas actividades antropogénicas que se desarrollan cerca de cuerpos hídricos y/o utilizan agua como un insumo de sus procesos productivos, provocan afección de los recursos naturales amenazando de esta manera a las personas y a los ecosistemas con grandes riesgos para la salud y el equilibrio ambiental (5).

El río Píaló, presenta diferentes usos de suelo, entre las principales están la ganadería y agricultura. Las distintas labores realizadas hacen un uso intensivo del suelo que además de causar el impacto en la estructura y diversidad de los ecosistemas donde se implanta, provoca una alteración representativa del ecosistema, que también podría modificar la estructura y composición de organismos presentes en los hábitats acuáticos, entre ellos las comunidades de macroinvertebrados, ya que la pérdida de diversidad de (MIA) es muy importante, porque cumplen importantes funciones como transformación de la materia orgánica fina y gruesa, por lo tanto, son un componente fundamental en el funcionamiento del río.

1.1.2. Diagnóstico

Debido al incumplimiento de la normativa ambiental establecido en el Registro Oficial 272 del lunes 23 de febrero del 2015 artículo 7 y al mal uso de los recursos naturales, la calidad del agua del río Píaló de la provincia de Cotopaxi, Cantón Pujilí, se ven afectados por las diferentes actividades agrícolas y ganaderas por lo que se puede comprobar la alteración a la calidad del agua y disminución de la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, agregando a esto la afectación a la calidad de vida de la población.

1.1.3. Pronóstico

Debido al mal uso de los recursos naturales y a la falta de conocimientos sobre los usos de suelo para el desarrollo de las actividades agrícolas, ganaderas a estas sumando las zonas ribereñas del río Píaló, se provocaría la degradación de la calidad del agua, y la pérdida de la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, alterando su estructura y composición, teniendo como resultado la pérdida de información apreciable sobre las familias de los MAIA existentes, y disminución de la calidad de vida de la población asentadas en el lugar.

1.1.4. Formulación del problema

¿En qué medida las actividades agrícolas y ganaderas influyen en la calidad del agua y de los ecosistemas ribereños en el río Pilaló del Cantón Pujilí, Ecuador?

1.1.5. Sistematización del problema

¿Cuáles son las causas y efectos que ocasionan la pérdida de la cobertura vegetal ribereña en el río Pilaló?

¿El uso de suelo por cultivo de orito, plátano y cacao influye en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados y en la calidad del agua del río Pilaló?

¿Los índices biológicos aplicados en el proyecto de investigación contribuyen con información para determinar la calidad del agua?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Evaluar la Influencia del uso de suelo en la calidad hídrica del río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador.

1.2.2. Específicos

- ❖ Determinar la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Pilaló.
- ❖ Aplicar el índice del hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR).
- ❖ Describir las características físico-químicas del agua del río Pilaló.
- ❖ Evaluar el efecto del uso de suelo sobre la calidad de agua, mediante la aplicación del índice BMWP-Cr.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El río Pilaló presenta afectaciones por las distintas actividades agrícolas y ganaderas que en sus riberas se las pueden apreciar, los cuales al desarrollar sus actividades emanan distintos contaminantes que estos a su vez podrían alterar de manera directa o indirectamente de forma significativa a la calidad del agua.

Existe escasa información del mismo, que ayude a entender sobre la diversidad y estructura de los macroinvertebrados acuáticos, por lo tanto se ha visto la necesidad de aplicar estudios que permitan reconocer el estado actual de la calidad del agua, siendo un recurso de gran importancia para el desarrollo de las comunidades que actualmente lo utilizan para diferentes usos de consumo humano, turismo y agricultura.

La falta de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del líquido vital, por lo que la calidad y cantidad del agua es cada vez menor generando enfermedades e imposibilitando su uso. De ahí la importancia de realizar este estudio propuesto, para evaluar la influencia de los diferentes usos de suelo sobre la calidad del agua del río Pilaló, contribuyendo a la toma de decisiones y al bienestar social.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. El agua

Es un elemento primordial para la vida. El agua realiza un modelo dinámico conocido como el “El ciclo Hidrológico”, impulsado principalmente por las energías térmicas del Sol o del interior de la Tierra y la fuerza de la Gravedad. Al examinar éste ciclo hidrológico se establece el balance hídrico mediante la aplicación del principio de conservación de masas con respecto al flujo del agua (6).

2.1.2. Aguas superficiales

Las de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una de las desventajas de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación de todo tipo, pues, los contaminantes llegan a lagos y ríos desde fuentes diversas, como residuos industriales y municipales, erosión de suelos, drenaje de áreas urbanas y agrícolas (7).

2.1.3. Calidad de agua

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario (8).

2.1.4. Uso de suelo

Es la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad (9).

2.1.5. Oxígeno disuelto (OD)

Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz. El valor máximo de OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua y disminuye con ella. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida en su seno (10).

2.1.6. Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado (11).

2.1.7. pH

Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores por encima de 7 indican que es básica (12).

2.1.8. Color

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas (13).

2.1.9. La temperatura

Es un parámetro físico de suma importancia para los ecosistemas hidráulicos, aunque no es parte de las características de calidad del agua potable. Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto y si las aguas son deficientes en oxígeno, esto puede ocasionar la muerte de especies acuáticas, especialmente peces. También, la contaminación térmica puede causar trastornos en ecosistemas acuáticos ya que en algunos casos el rango de temperatura de estos, es sumamente restringido (14).

2.1.10. Conductividad

La conductividad es un parámetro importante para establecer el grado de mineralización y estimar el efecto de la concentración total de iones sobre equilibrios químicos, efectos fisiológicos en plantas o animales, velocidad de corrosión, etc. Para evaluar las variaciones en la concentración de mineral disuelto en aguas naturales o aguas de desecho, estimar sólidos totales disueltos, etc. La conductividad es una medida de capacidad de una solución acuosa para conducir la corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y de temperatura de medida (15).

2.1.11. Bioindicadores

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (16).

2.1.12. Macroinvertebrados Bentónicos

Son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas. Troncos, restos de vegetación y sustratos similares. El conocimiento de las características y abundancia de estos organismos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionarlos con las condiciones del medio. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en zonas tropicales son muy similares a las comunidades de zonas templadas. El grupo más grande de los macroinvertebrados acuáticos en aguas continentales son los insectos, los cuales son valiosos indicadores, considerados los más diversos en contraste con los peces e insectos terrestres (17).

2.1.13. Índices bióticos

Son los más utilizados y se basan en la clasificación de los organismos según su tolerancia a la contaminación, asignándoles una puntuación cuyo rango varía según el índice utilizado. El valor de calidad para el río estudiado resulta de la suma total de los valores de cada organismo presente. Los más conocidos son el Trent Biotic Index (TBI), el IB, el Biotic Score, o el BMWP. De la adaptación de este último a los organismos existentes en la Península Ibérica, resultó el Índice BMWP', siendo el más utilizado en nuestro país actualmente por su sencillez, precisión y eficacia (18).

2.1.14. Índice BMWP-Cr

Este índice se lo modifiqué para utilizarlo en Costa Rica. Su utilización es fácil de aplicar, sumando las puntuaciones que se le asigna a las diferentes órdenes de macroinvertebrados acuáticos identificados, en función del grado de sensibilidad a la contaminación. Se aplica el puntaje una sola vez por familia, independientemente de los géneros que se hayan encontrados, finalmente la suma de los puntajes determinados en el lugar de muestreo nos brinda el valor final del índice (19).

2.1.15. Índice de Simpson (1949)

Deriva la teoría de las probabilidades, es sensible a los cambios en las abundancias de las especies más frecuentes. Es adecuado para muestras pequeñas, pero hay dependencia de las especies dominantes (20).

2.1.16. Índice de Shannon-Wiener

Que en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos (21).

2.1.17. Índice de Margaleff

El índice de Margalef fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión. Donde Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos)

y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad. Es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una Comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra (11).

2.1.18. Índices de diversidad

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitabilidad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitabilidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitabilidad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitabilidad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitabilidad). Algunos de los índices de diversidad más ampliamente utilizados son (1) el índice de Simpson (D_{si}), y (2) el índice de Shannon-Wiener (H') (21).

2.1.19. Índice de hábitat fluvial (IHF)

El índice de hábitat fluvial (IHF) valora la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada. A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (22).

2.1.20. Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

El QBR es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas (23).

2.2. Marco referencial

- ❖ Según el estudio realizado por Huertas Diego, publicado en el año 2014, titulado “Análisis de la calidad de agua del río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos” las muestras de agua que se analizaron y fueron comparadas con el Tulsma, dio como resultado que el agua se encuentra en buen estado. Se usaron los índices BMWP/Col, EPT y la recolección e identificación de macroinvertebrados para la determinación de la calidad del agua del río Cutuchi que como resultado se obtuvo que el agua se encuentra fuertemente contaminada en todos los puntos de recolección. Sin embargo se ha considerado que al analizar parámetros físico-químicos se debe tomar un número de muestras más representativas ya que con las recolectadas los datos fueron insuficientes. El uso de técnicas más sencillas y económicas como la identificación de macroinvertebrados son de gran ayuda para los técnicos que necesitan analizar un cuerpo de agua (24).

- ❖ De acuerdo a Guerrero, Díaz, Urdanigo, Tayhing, Guerrero y Yépez (2017), en el estudio titulado “Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador” se evaluó los efectos del cambio de uso de suelo (pastizal, bosque secundario y cultivos agrícolas) basadas en los estudios de los macroinvertebrados acuáticos. De los macroinvertebrados recolectados e identificados fueron utilizados en el índice modificado para Costa Rica (BMWP-Cr). Mediante el cual mostró que el uso de suelo del bosque posee aguas de calidad excelente, a diferencia del uso de suelo agrícola y pastizal con aguas de calidad regular. En el que demuestra que la reducción de la franja ribereña contribuye a la degradación del hábitat interior y de la calidad del agua de la microcuenca (25).

- ❖ Según Alomía, Iannacone, Alvaríño y Ventura en su estudio publicado en el (2017) titulado “Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú” Para la evaluación de la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga se usaron los macroinvertebrados bentónicos. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua y la calidad de la ribera empleando el índice QBR-And (Índice de calidad de la vegetación de ribera andina). Al aplicar los índices biológicos: ABI (Índice biótico andino), BMWP/COL y EPT, se determinó que las estaciones del cauce principal se encuentran con cierto grado de perturbación; en cambio los tributarios presentan una buena calidad biológica. Se aplicó el QBR-And, encontrándose que la mayoría de las estaciones presentan una calidad de ribera intermedia (26).

- ❖ De acuerdo a Aguirre Jonathan (2017), en el estudio realizado en Ecuador. Mediante el Índice QBR se determinó la calidad de bosque de ribera, y posteriormente se identificó tres microhábitats, denominados: rápido, remanso, corriente, los microhábitats presentan diferentes valores de acuerdo a las diferentes estaciones. Dentro de los grupos tróficos los que más dominaron fueron los colectores. La calidad de agua para el área de estudio corresponde a aguas limpias y poco contaminadas. Para los cuatro tributarios estudiados, la calidad de bosque ribereña presenta valores de QBR bastante significativos, de acuerdo al alto grado de conservación que tienen estos bosques. Según el coeficiente de Spearman no existe correlación entre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y el porcentaje de cobertura vegetal de ribera (27).

- ❖ De acuerdo a Díaz, Corredor, Fernández y Aranguren (2016), en el estudio realizado en Colombia, se midieron las características físicas y químicas en tres tramos de la quebrada, en las épocas de lluvia y sequía. En el análisis de componentes principales la conductividad eléctrica, la dureza y la alcalinidad fueron las variables que tuvieron mayor peso. Se hallaron 35 taxones con respecto a los macroinvertebrados, con mayor riqueza en efemerópteros y dípteros, con 8 y 7 taxones, respectivamente. La variación temporal en los grupos funcionales, se puede asociar con los cambios en las condiciones del hábitat, determinados por la expresión diferencial del caudal. Se confirma que los cambios temporales asociados

a la estacionalidad climática e hidráulica son importantes en la estructuración de la comunidad de macroinvertebrados, en los sistemas loticos andinos (3).

- ❖ Según Barra (2015), en el estudio realizado en Perú, se usaron los macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad del agua en nueve quebradas el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko en relación a los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes a las quebradas. Las quebradas La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno 111 que fue evaluado por los índices ETP y BMWP'-Cr presentan una mala calidad de agua, esto se ve afectado por los diversos usos de suelos de las áreas circundantes a las mismas, como urbanización y agricultura. Las quebradas Santo Rosario e East Santa Rosa presentan excelente calidad de agua de acuerdo a ambos índices, debido a que no se observan agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático(28).
- ❖ Según Toledo Margarita (2015), en el estudio realizado en Ecuador, se evaluó la calidad del agua mediante el índice de parámetros físico- químicos (WQI), el hábitat en las zonas de muestreo a través (QBR) y (QBR-And) y el índice del hábitat fluvial (IHF), así como también la diversidad existente con el índice alpha Shannon-Wiener, el índice beta Jaccard y se midió el caudal. Los índices de diversidad presentan valores normales en los puntos 1y 2 y en los puntos 3 y 4 presenta baja diversidad. Los índices de diversidad biológica presento buenos resultados en todos los puntos. La microcuenca del río Chimborazo presenta una calidad de agua regular, por lo cual es importante establecer un plan de manejo para la protección y conservación de la microcuenca y verificar su cumplimiento (29).
- ❖ De acuerdo a Yépez, Yépez, Urdánigo, Morales, Guerrero y TayHyng (2017), en su estudio titulado “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador” se midieron los parámetros físico-químicos de calidad del agua: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales. Se estimaron los índices de riqueza CHAO2, diversidad de Shannon-Weiner (H), dominancia de Simpson (1-D) y disimilitud de Bray-Curtis. La calidad del agua fue estimada con el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col). Los valores de los parámetros físico-químicos no presentaron diferencias entre ER y

EAI. No existieron diferencias estadísticas entre la riqueza de familias esperada (CHAO2) y la riqueza observada. La familia Tubificidae mostró la mayor abundancia total con 4574 individuos (90.48%), para ER 3918 individuos (93%) y EAI 656 (76%). La diversidad H en ER y EAI fue baja 0.49 ± 0.22 ; 1.009 ± 0.21 respectivamente, y difirieron significativamente. La dominancia más alta la presentó ER (0.78 ± 0.1), y difirió de EAI (0.58 ± 0.096). El índice BMWP-Col indicó que ER registró calidad de agua “crítica” (20 ± 7.52), en comparación a EAI calidad de agua “dudosa” (37 ± 6.27) (30).

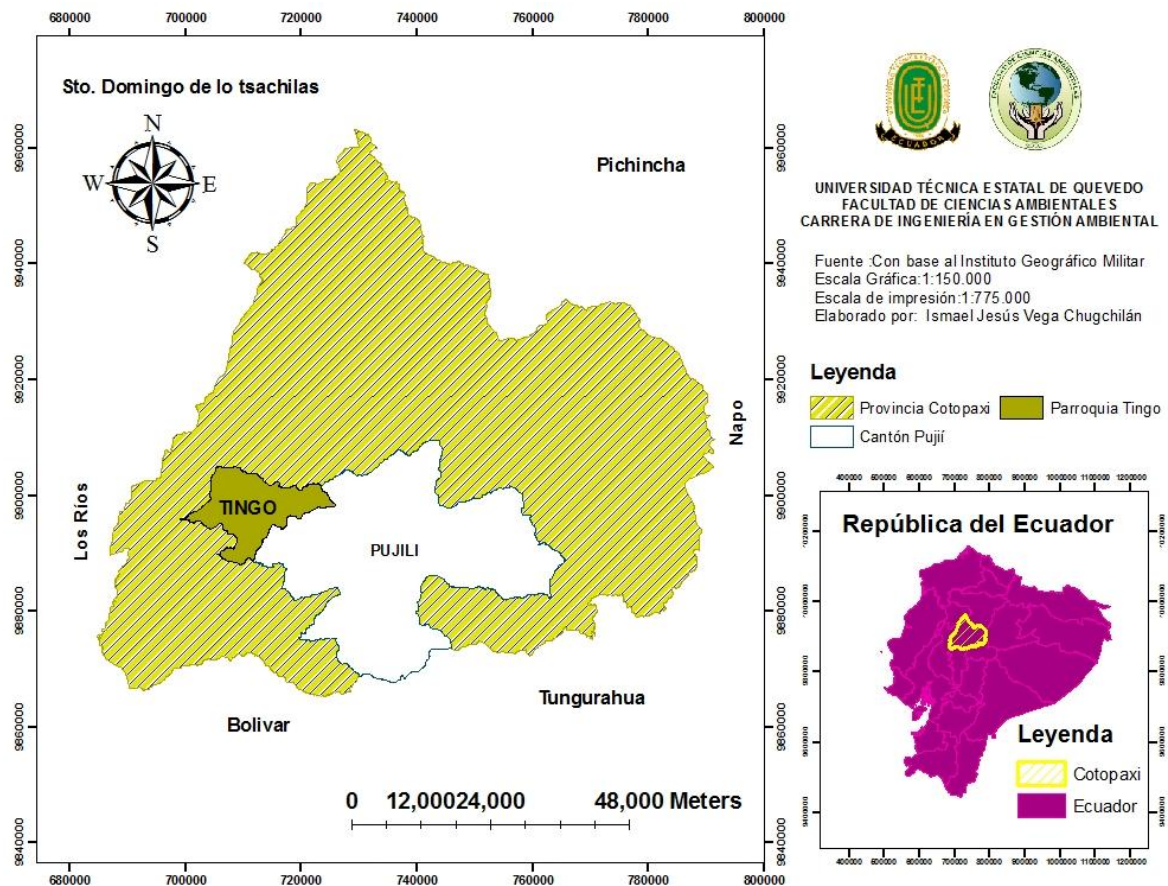
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del área de estudio

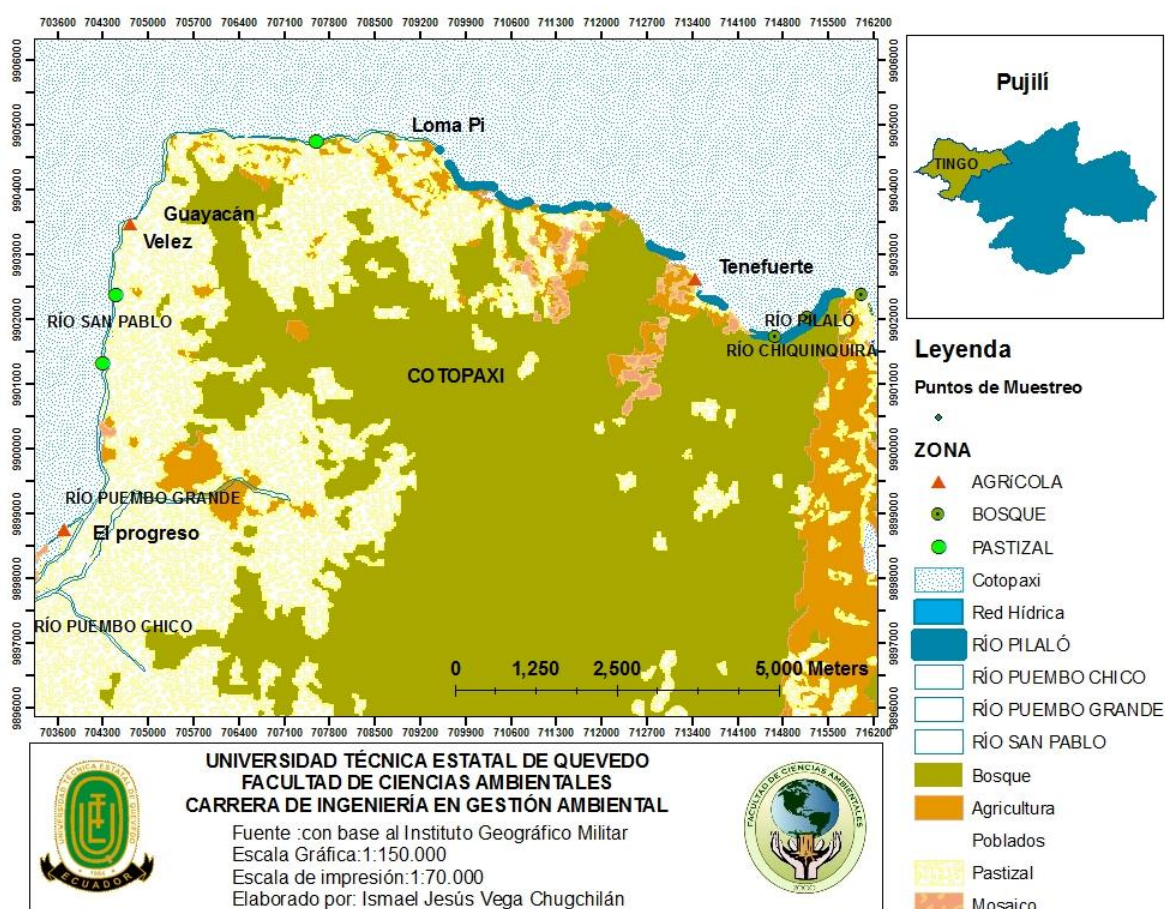
La presente investigación se realizó en el río “Pilaló” ubicada en el cantón Pujilí parroquia El Tingo, provincia de Cotopaxi, Ecuador. El clima es tropical de alta montaña, se encuentra a una altura de 648 msnm, con una temperatura que varía entre los 18 a 22° C, con la precipitación promedio anual de 2471mm, su clima tanto su flora y su fauna son muy diversas (31).

Ilustración 1. Mapa de localización del área de estudio.



Elaborado: Autor

Ilustración 2. Mapa de localización de los puntos de monitoreo.



Elaborado: Autor

3.2. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo diagnóstica y exploratoria, mediante la caracterización de macroinvertebrados acuáticos, aplicación de índices ecológicos, se evaluó la correlación entre la cobertura vegetal ribereña, la calidad del agua y los macroinvertebrados acuáticos de del río “Pilaló”, obteniendo conocimiento más actualizados de la problemática que existe en el lugar.

3.3. Métodos de investigación

En la presente investigación se utilizó los métodos de observación y deducción.

3.3.1. Método de Observación

Por la observación directa se pudo establecer los sitios de estudio, en el cual se pudo apreciar el entorno actual, deducir la problemática y evaluar la calidad de agua, mediante la identificación de macroinvertebrados y su relación con el uso de suelo.

3.3.2. Método Deductivo

Se utilizó para el oportuno estudio de los resultados obtenidos de la identificación de los macroinvertebrados acuáticos, el método se requirió para el análisis de datos y poder establecer la calidad de agua del Río.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La información se obtuvo por medio de fuentes primarias y secundarias: primarias a partir de observación directa y sondeos; y de fuentes secundarias por medio de artículos científicos, tesis documentos.

3.5. Monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos

Se estableció nueve puntos de monitoreo de macroinvertebrados bentónicos por cada categoría de uso de suelo (nueve muestras), el mismo que se realizó mensualmente durante los meses (enero, febrero y marzo del 2018) debido a la facilidad de acceso al río Pilaló (Tabla 1).

Tabla 1. Características del sitio de estudio.

Puntos de muestreo	Usos de suelo					
	Bosque		pastizal		Agrícola	
Coordenadas	X	Y	X	Y	X	Y
A	716013	9902376	707584	9904735	713442	9902629
B	715178	9902028	704486	9902370	704713	9903472
C	714675	9901725	704284	9901300	703689	9898758
Características de las zonas ribereñas	Presencia de vegetación en gran parte de las zonas y pocas secciones descubiertas de vegetación.		Gran parte de la zona está cubierta de pasto y la otra parte con presencia de maleza.		plantaciones de cacao, orito, plátano y presencia de maleza en pocas secciones	
Tipos de sustratos del estero	Arena, rocas y piedras grandes		Arena, grava y hojarasca		Arena, grava y hojarasca	
Microhábitat	corrientes rápidas		corrientes rápidas y lentas		corrientes rápidas y lentas	

Fuente: autor

3.6. Determinar la estructura de macroinvertebrados acuáticos, mediante la aplicación de índices de diversidad.

Para cumplir con este objetivo, se aplicó los índices de diversidad ecosistémica, el índice de Simpson que sirve para cuantificar la biodiversidad de una habitat, el índice de Shannon- Weaver, que se utiliza para medir la biodiversidad específica y la riqueza de Margalef, utilizada para estimar la biodiversidad de una comunidad.

3.6.1. Índices de Diversidad

3.6.1.1. Diversidad de Shannon- Weaver

Donde:

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

N_i = número de individuos por especie en una muestra de una población.

N = número total de individuos en una muestra de una población.

Ln = logaritmo natural.

3.6.1.2. Índice de Margalef

$$DMg = (S - 1) / \ln N$$

Donde:

DMg = riqueza específica de Margalef.

S = la riqueza o número de especies dentro la parcela.

Ln = Logaritmo natural.

N = número total de individuos dentro la parcela.

3.6.1.3. Dominancia de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2 / n$$

Donde:

p_i = Abundancia proporcional de la especie i.

3.6.2. Aplicar el índice del hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR).

Para evaluar la influencia de la calidad del hábitat fluvial se aplicó el índice (IHF) descrito en la tabla 2. Consistió en seleccionar siete bloques en un tramo de río de (100 m), cada uno de los bloques se analizaron independientemente, al finalizar se obtuvo el puntaje entre un rango de 0 a 100 puntos, el cual ayudó a determinar la calidad de índice de hábitat fluvial.

Tabla 2. Valoración del índice IHF.

Índice IHF	Calidad
100 - 90	Muy Buena
89 - 70	Buena
69 - 50	Moderada
49 - 30	Deficiente
29 - 0	Mala

Fuente:(32).

- Calidad de bosque de ribera (QBR)

Para el índice (QBR) se aplicó los niveles de calidad de la tabla 3. Se escogió un tramo de 100 m de longitud aguas arriba del punto de muestreo, se lo dividió en cuatro bloques para el análisis independiente, la puntuación se los realizó a cada uno de los bloques y luego se sumo para obtener la puntuación final, se consideró toda la anchura potencial del bosque de ribera para calcular la QBR.

Tabla 3. Niveles de calidad del índice QBR.

Valor QBR	Nivel de calidad	Color
95 – 100	Sin alteraciones, estado natural. Calidad muy buena.	Azul
75 – 90	Bosque ligeramente perturbado. Calidad buena.	Verde
55 – 70	Inicio de alteración importante. Calidad moderna.	Amarillo
30 – 50	Alteración fuerte. Calidad deficiente.	Naranja
0 – 25	Degradación extrema. Calidad mala.	Rojo

Fuente: (33).

3.6.3. Describir las características físico-químicas del agua del río Pilaló.

Mediante la recolección de macroinvertebrados se realizó la medición de las variables físico-químicas *in situ*, posteriormente se analizó los datos recogidos, para determinar la relación que puede existir entre estas variables y la muestra recolectada de macroinvertebrados, los parámetros analizados fueron: OD, T, SDT, CE y Ph.

3.6.4. Evaluar el efecto del uso de suelo sobre la calidad de agua, mediante la aplicación del índice BMWP-Cr.

Para dar cumplimiento a este objetivo se utilizó el índice BMWP-Cr, el cual se calculó sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontrados según su grado de sensibilidad a la contaminación. El puntaje se asignó una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brindó el valor final del índice. Este valor permitió determinar la calidad del agua según las categorías listadas en la tabla 5 (34).

Tabla 4. Puntuación del índice BMWP-Cr.

Calidad	BMWP	COLOR
De calidad excelente	>120	Azul
De calidad buena, no contaminada o no alterada de manera sensible	101 – 120	Azul
De calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61 – 100	Verde
De calidad mala, contaminadas	36 – 60	Amarillo
De calidad mala, muy contaminadas	16 – 35	Naranja
De calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<15	Rojo

Fuente: (33).

3.6.4.1. Instrumentos de investigación

Para la elaboración de la presente investigación se utilizaron los Índices biológicos y ecológicos, el BMWP-Cr que ayudó a evaluar la calidad del agua del río Pilaló, el QBR contribuyó con información sobre el estado actual de la vegetación ribereña de cada uno de los puntos evaluados, adicional a estos se utilizaron los índices de Shannon-Weaver, Margalef y Simpson, para determinar la abundancia, riqueza y distribución de los macroinvertebrados acuáticos.

3.6.4.2. Tratamiento de los datos

Los resultados del trabajo de investigación en cuanto a las puntuaciones de los índices de diversidad y del BMWP-Cr fueron tabulados en hojas de Excel y posteriormente se aplicaron en el análisis de varianza (ADEVA), mediante un diseño completamente aleatorio (DCA) en el que los factores de estudio fueron los usos de suelo. Para comparar la similitud de familias de macroinvertebrados acuáticos entre los usos de suelo, se utilizó un análisis de Clúster con el método UPGMA en base al índice de similitud de Jaccard. La relación entre las variables fisicoquímicas del agua del río Pilaló y la presencia/abundancia de familias de macroinvertebrados se determinó mediante un análisis de correspondencia canónico (ACC).

3.6.5. Recursos humanos y materiales

Tabla 5. Materiales a utilizar

DE CAMPO	DE OFICINA	DE LABORATORIO
Lapicero	Internet	Estereoscopio
Libreta	Pendrive	Frascos
Cámara fotográfica	Libros	Caja petri
GPS	Hojas A4	
Multiparamétricos	laptop	

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Pilaló.

Con los resultados obtenidos de la caracterización de las familias de macroinvertebrados acuáticos en los usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agricultura del río Pilaló, durante los meses de (enero a marzo del 2018) en función a los tres usos de suelo se determinó que los órdenes con mayor abundancia fueron: Trichoptera familia Hidropsychidae de género *Leptonema* (19), *smicridea sp* (16); seguido por el orden Hemiptera familia Naucoridae de género *limnocoris* (16); y el orden Ephemeroptera familia Baetidae género *Baetodes* (14), (tabla 6).

En la recolección y estudio de los MAIA en cada uno de los usos de suelo evaluados, se alcanzó un total de 871 macroinvertebrados entre 7 ordenes, 18 familias, y 53 géneros (tabla 7) siendo los géneros más representativos en función a los diferentes usos de suelo con 142 individuos *limnocoris sp*, seguido de *Baetodes* con 96 individuos y en los últimos puestos los géneros que mostraron un número menor de individuos fueron: *Hydroptilidae*, *Miathyria marcella*, *Polythore sp*, *Stenelmis*, *Traveryphe indicator*, *Traveryphe edmundsi*, *Americabaetis*, *Leptohypes eaton* y *Ambrysus* con 1 individuo.

El sitio de monitoreo se realizó en cada uno de los tres meses y el uso de suelo que mostró una elevada cantidad de individuos de macroinvertebrados fue (Bosque-3) para enero con 84 individuos, seguido de (Agrícola-1) enero con 69 individuos, por último (Agrícola-3) febrero con 51 individuos y (Bosque-2) enero con 51 individuos. Por otra parte, en (Agrícola-1) muestra 3 marzo con 9 individuos, muestra que la ausencia de la vegetación ribereña y el aumento del nivel del agua disminuyen la composición de los macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 6. Presencia y ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BOSQUE									PASTIZAL									AGRICOLA									TOTAL
			P 1			P 2			P 3			P 1			P 2			P 3			P 1			P 2			P 3			
			M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
			E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	Helicopsyche																		X						X			2	
		Hydroptilidae		X																									1	
	Philopotamidae	Chimarra						X																		X			2	
		Atopsyche													X					X									2	
	Hydropsychidae	Macronema sp		X		X	X		X	X	X				X			X			X					X	X		11	
		Leptonema		X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X	X		X		19	
		Calosopsiche																		X									1	
		Smicridea sp	X	X	X		X		X	X	X		X		X	X	X		X		X	X			X			X	16	
		Hidropsiquido	X																					X					2	
	Brachycentridae	Micrasema																	X		X							2		
ODONATA	Calopterygidae	Hetaerina						X																		X		2		
	Libellulidae	Brechmorhoga						X				X	X	X	X	X		X	X		X			X			X		12	
		Miathyria marcella										X																	1	
	Tetrathemis	X																					X					2		
	Coenagrionidae	Argia											X	X				X						X			X		5	
		Zygoptera											X	X										X					3	
	Gomphidae	Phyllogomopoides sp		X		X		X					X	X		X	X		X			X			X	X		X	13	
COLEOPTERA	Polythoridae	Polythore sp										X																1		
	Elmidae	Austrelmis													X					X			X						3	
		Stenelmis	X																										1	
		Heterelmis sp	X																								X		2	
	Pharceonus			X		X														X								3		
	Huleechius											X															X	2		
	Macrelmis																	X		X			X					3		
	Microcylloepus																			X			X			X		4		

EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Thraulodes	X	X		X			X			X			X	X				X			X	X				11		
		Traverella			X			X			X					X	X		X			X							7	
		Farrodes																							X		X		2	
	Leptohyphidae	Tricorythopsis minimus		X				X			X		X			X	X							X	X	X	X		11	
		Tricorythopsis pseudogibbus		X			X	X					X			X	X	X	X		X			X		X	X	X	13	
		Tricorythopsis araponga		X			X				X					X		X	X			X					X	X	9	
		Tricorythopsis chiriguano			X		X						X			X													4	
		Traveryphes indicator					X																						1	
		Traveryphes edmundsi					X																						1	
		Americabaetis																								X			1	
		Leptohypes	X				X			X				X	X		X						X			X	X		9	
		Tricorythodes						X			X												X			X				4
		Vacuperinus														X					X		X							3
		Leptohyphes eaton																			X									1
	Baetidae	Camelobaetidius	X	X			X	X		X	X						X			X							X			9
		Baetodes	X	X	X	X	X		X	X					X			X	X		X						X	X	X	14
		Maccafertium				X				X							X								X		X			5
		Andesiops																			X									1
		Mayobaetis	X	X				X													X	X								5
		Americabaetis		X						X						X				X		X								6
		Tricorythodes mirca	X			X			X								X	X			X									6
	Oligoneuriidae	Lachlania hagen	X	X			X			X	X									X	X								7	
	Coenidae	Caenis stephen				X						X								X		X							4	
	HEMIPTERA	Naucoridae	Ambrysus																		X									1
Limnocoris			X	X			X	X		X	X			X	X		X	X		X	X		X	X		X			16	
Corydalus sp						X			X				X				X					X			X	X		X	X	11
PLECOPTERA	Perlidae	Anacroneuria				X			X										X									4		
	DIPTERA	Blephariceridae	Limnionella app	X														X										X	3	

Elaborado: Autor

Tabla 7. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo: Bosque, Pastizal y Agrícola.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BOSQUE									PASTIZAL									AGRICOLA									TOTAL	%
			P 1			P2			P3			P 1			P2			P3			P 1			P2			P3				
			M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
			E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M		
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	Helicopsyche																		1							1			2	0,2
		Hydroptilidae		1																										1	0,1
	Philopotamidae	Chimarra							1																		1			2	0,2
		Atopsyche													1					1										2	0,2
	Hydropsychidae	Macronema sp		3		3	2		6	2	2				3			1				2					1	1		26	3
		Leptonema		4		1	2	1	8	3	1	4	6	4		1		2	1	1	4	3		3	1		2			52	6
		Calosopsiche																			4									4	0,5
		Smicridea sp	1	2	1		2		3	2	1		1		1	1	1		4		1	5			1		4			31	3,6
		Hidropsiquido	1																					2						3	0,3
	Brachycentridae	Micrasema																	1		1									2	0,2
ODONATA	Calopterygidae	Hetaerina						1																		2			3	0,3	
	Libellulidae	Brechmorhoga						1			2	5	1	1	2		1	1		1			6			2		1	24	2,8	
		Miathyria marcella									1																			1	0,1
		Tetrathemis	1																				1							2	0,2
	Coenagrionidae	Argia										1	1				1					7			2				12	1,4	
COLEOPTERA	Zygoptera	Gomphidae											1	1				1								2		1	1	2	0,2
		Phyllogomopoides sp		1		1		3				4	3		2	1		2			1			2	1		1	1	23	2,6	
	Polythoridae	Polythore sp									1																		1	0,1	
	Elmidae	Austrelmis													2					3			1							6	0,7
		Stenelmis	1																											1	0,1
		Heterelmis sp	2																									3	5	0,6	
		Pharceonus			1		1														1									3	0,3
		Huleechius										1																	1	2	0,2
		Macrelmis																1			3			1						5	0,6
		Microcylloepus																	1				2			1				5	0,6

EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Thraulodes	1	1	1			8			10			2			9	2					1				16	3		54	6,2	
		Traverella			1		1			1						1	1		2				1							8	0,9	
		Farrodes						1																		1		1		2	0,2	
	Leptohyphidae	Tricorythopsis minimus		1				4			1		4		1		4	1						1	1	4	21			43	4,9	
		Tricorythopsis pseudogibbus		1			1		5					5		1	2	2	2		1			1		2	12	1		36	4,1	
		Tricorythopsis araponga		1			1				1					4		1	2			2					1	5		18	2,1	
		Tricorythopsis chiriguano			3		1							2		1														7	0,8	
		Traveryphes indicator					1																							1	0,1	
		Traveryphes edmundsi					1																							1	0,1	
		Americabaetis																									1			1	0,1	
		Leptohypes	2				3			5					9	2			2					2			1	3		29	3,3	
		Tricorythodes							4			1												1			1			7	0,8	
		Vacuperinus															1					2		2						5	0,6	
		Leptohyphes eaton																				1								1	0,1	
	Baetidae	Camelobaetidius	2	1			9	5		5	2							2			1						2			29	3,3	
		Baetodes	14	5	3	16	8		18	7					2			1	1		13					2	5	2		97	11,1	
		Maccaffertium				1			1								3							6		2				13	1,5	
		Andesiops																				14								14	1,6	
		Mayobaetis	1	1				1														1	2							6	0,7	
		Americabaetis			2						1				4				2			2		1						12	1,4	
		Tricorythodes mirca	1			5			3								1	1			7									18	2,1	
		Oligoneuriidae	Lachlania hagen	8	12			2			3	7											3	2							37	4,2
			Coenidae				5						3										1		2						11	1,3
			Naukoridae	Ambrysus																				1								1
		Limnecoris		12	2			11	7		9	3			1		17	32		9	3		5	7		3	15		6		142	16,3
	PLECOPTERA	Perlidae	Corydalus sp				4			5			6			1				1			2			1	9		1	1	42	4,8
			Anacroneuria					4			4				1								3								12	1,4
	DIPTERA	Blephariceridae	Limonnicola app	1																1									2	4	0,5	
	TOTAL			48	38	24	51	33	15	84	27	15	19	21	15	46	44	25	38	19	11	69	28	9	37	23	17	49	51	15	871	100

Elaborado: Autor

Durante los meses de enero, febrero y marzo de monitoreo en el río Pilaló de la provincia de Cotopaxi, se obtuvo una cantidad de 871 macroinvertebrados acuáticos en su totalidad. El uso de suelo (Bosque) fue el que presentó mayor número de individuos (335) por los tres meses muestreados a diferencia de (Pastizal) (238) y (Agrícola) (298) donde los números de individuos encontrados fueron menores, esto se debe posiblemente a las actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en las riberas del río, lo cual hace que persista la ausencia de macroinvertebrados. Los órdenes que se determinó con mayor abundancia y presencia fueron: Hemiptera familia Naucoridae género *Limnocoris* (142), continuando con el orden Ephemeroptera familia Baetidae género *Baetodes* (97), familia Leptphlebiidae género *Thraulodes* (54). Por lo que, los órdenes con menor abundancia y presencia fue Trichoptera género *Hidroptilidae*, orden Odonata género *Miathyria marcella* y *Polythore sp*, orden Coleoptera género *Stenelmis*, y por el orden Ephemeroptera género *Tricorythopsis chiriguano*, *Traveryphe indicator*, *Traveryphe edmundsi*, *Americabaetis* y *Leptohyphes eaton*. De acuerdo a Castellón 2013, en su estudio realizado en la microcuenca el Chimbo presentó la predominancia similar en las dos órdenes que obtuvieron mayor abundancias, las Ephemeroptera con 230 individuos (70.1%) y el orden Hemiptera 34 individuos (10.4%) (35).

Tabla 8. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Bosque) de la provincia de Cotopaxi.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BOSQUE					
			Tipo de sustratos	Tipos de microhábitat	E	F	M	TOTAL
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	Hydroptilidae	Rocas y piedras	Corrientes rápidas	1			1
	Philopotamidae	Chimarra	Rocas y piedras	Corrientes rápidas		1		1
	Hydropsychidae	Macronema sp	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	3	5	10	18
		Leptonema	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	4	4	12	20
		Smicridea sp	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	4	2	6	12
ODONATA		Hydropsiquido	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1			1
	Calopterygidae	Hetaerina	Piedras y arena	Corrientes rápidas			1	1
	Libellulidae	Brechmorhoga	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas			1	1
		Tetrathemis	Rocas y arena	Corrientes rápidas	1			1
	Gomphidae	Phyllogomopoides sp	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1	4		5
COLEOPTERA	Elmidae	Stenelmis	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1			1
		Heterelmis sp	Piedras y arena	Corrientes rápidas	2			2
EPHEMEROPTERA		Pharconus	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1	1		2
	Leptophlebiidae	Thraulodes	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	2	1	8	11
		Traverella	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1	1	1	3
		Tricorythopsis minimus	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1		4	5
		Tricorythopsis pseudogibbus	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1	1	5	7
		Tricorythopsis araponga	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1	1	1	3
		Tricorythopsis chiriguano	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	3	1		4
		Traveryphe indicator	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas		1		1
		Traveryphe edmundsi	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas		1		1
		Leptohyphes	Piedras y hojarasca	Corrientes rápidas	2	3	5	10
		Tricorythodes	Piedras y hojarasca	Corrientes rápidas			4	4
	Baetidae	Camelobaetidiu	Piedras y hojarasca	Corrientes rápidas	3	14	7	24
		Baetodes	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	22	24	25	71
		Maccaffertium	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	1	1		2
		Mayobaetis	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	2	1		3
		Americabaetis	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	2		1	3
		Tricorythodes mirca	Rocas y arena	Corrientes rápidas	6	3		9
	Oligoneuriidae	Lachlania hagen	Piedras y hojarasca	Corrientes rápidas	20	2	10	32
	Coenidae	Caenis stephen	Piedras y arena	Corrientes rápidas	5		3	8
	Naucoridae	Limnocois	Piedras y arena	Corrientes rápidas	14	18	12	44
		Corydalus sp	Piedras y arena	Corrientes rápidas	4	5	6	15
		Anacroneuria	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas		4	4	8
PLECOPTERA	Perlidae							
DIPTERA	Blephariceridae	Limnocola app	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1			1
TOTAL					110	99	126	335

Elaborado: Autor

La tabla 8, muestra que mediante el estudio de macroinvertebrados acuáticos realizado en el río Pilaló, Provincia de Cotopaxi, se aplicó una evaluación sobre los sustratos y microhábitat en función al uso de suelo. En el (Bosque) el sustrato más diverso fue troncos y hojarasca en donde también se encontró macroinvertebrados de orden Ephemeroptera de la familia Baetidae y género *Baetodes* en los tres meses de monitoreo, siendo uno de los más representativos y con mayor abundancia, estos individuos se los puede encontrar en diferentes usos de suelo porque se podría decir que pueden adaptarse a todo tipo de sustratos y microhábitat, por otro lado, el microhábitat estuvo representado por corrientes rápidas.

Tabla 9. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Pastizal) de la provincia de Cotopaxi.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	PASTIZAL						
			Tipo de sustratos	Tipos de microhábitat	E	F	M	TOTAL	%
TRICHOPTERA	Philopotamidae	Atopsiche	Piedras y arena	Corrientes rápidas		1		1	0,4
		Hydropsychidae	Macronema sp	Hojarasca y arena	Corrientes lentas		3	1	4
		Leptonema	Hojarasca y arena	Corrientes lentas	14	1	4	19	8,0
		Smicridea sp	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1	3	4	8	3,4
ODONATA	Brachycentridae	Micrasema	Piedras y arena	Corrientes lentas			1	1	0,4
	Libellulidae	Brechmorhoga	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	8	3	2	13	5,5
		Miathyria marcella	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,4
	Coenagrionidae	Argia	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2		1	3	1,3
		Zygoptera	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,4
	Gomphidae	Phyllogomopoides sp	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	7	3	2	12	5,0
COLEOPTERA	Polythoridae	Polythore sp	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,4
	Elmidae	Austrelmis	Piedras y limo	Corrientes moderadas		2		2	0,8
		Huleechius	Piedras y limo	Corrientes moderadas	1			1	0,4
		Macrelmis	Piedras y limo	Corrientes moderadas			1	1	0,4
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Microcylloepus	Piedras y arena	Corrientes rápidas			1	1	0,4
		Thraulodes	Piedras y arena	Corrientes rápidas	10	2	11	23	9,7
		Traverella	Piedras y arena	Corrientes rápidas		1	3	4	1,7
	Leptohyphidae	Tricorythopsis minimus	Hojarasca y arena	Corrientes moderadas	5	1	5	11	4,6
		Tricorythopsis pseudogibbus	Hojarasca y arena	Corrientes lentas		6	6	12	5,0
		Tricorythopsis araponga	Piedras y arena	Corrientes rápidas		4	3	7	2,9
		Tricorythopsis chiriguano	Piedras y arena	Corrientes rápidas		3		3	1,3
		Leptohyphes	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		11	2	13	5,5
		Tricorythodes	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,4
		Vacuperinus	Piedras y arena	Corrientes rápidas		1		1	0,4
	Baetidae	Camelobaetidius	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			2	2	0,8
		Baetodes	Hojarasca y arena	Corrientes moderadas		2	2	4	1,7
		Maccafertium	Hojarasca y arena	Corrientes moderadas		3		3	1,3
		Americabaetis	Hojarasca y arena	Corrientes moderadas		4	2	6	2,5
		Tricorythodes mirca	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		1	1	2	0,8
	HEMIPTERA	Naucoridae	Limnocoris	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1	49	12	62
Corydalis sp			Hojarasca y arena	Corrientes moderadas	1	11	1	13	5,5
PLECOPTERA	Perlidae	Anacroneturia	Piedras y limo	Corrientes moderadas	1			1	0,4
DIPTERA	Blephariceridae	Limnonicola app	Piedras y arena	Corrientes rápidas			1	1	0,4
TOTAL					55	115	68	238	100

Elaborado: Autor

La tabla 9, refleja que en el uso de suelo (Pastizal), el sustrato que predominó fue Hojarasca y arena, el orden Hemiptera de la familia Naucoridae y género *Limnocois* es que más sobresale en los tres meses de estudio, este orden de macroinvertebrados se los puede encontrar en fuentes de agua muy limpias o no contaminadas de modo sensible, ya que parece ser que se puede adaptar fácilmente en distintas calidades de aguas que no presenten mucha contaminación, en cuanto el microhábitat se caracterizó por las corrientes rápidas.

Tabla 10. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat del mes de enero a marzo del uso de suelo (Agrícola) de la provincia de Cotopaxi.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	AGRICOLA							
			Tipo de sustratos	Tipos de microhábitat	E	F	M	TOTAL	%	
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	Helicopsyche	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1		1	2	0,7	
	Philopotamidae	Chimarra	Piedras y arena	Corrientes rápidas			1	1	0,3	
		Atopsyche	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,3	
ODONATA	Hydropsychidae	Macronema sp	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2		2	4	1,3	
		Leptonema	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	7	4	2	13	4,4	
		Calosopsiche	Piedras y arena	Corrientes rápidas	4			4	1,3	
		Smicridea sp	Piedras y arena	Corrientes moeradas	6	1	4	11	3,7	
		Hidropsiquido	Piedras y arena	Corrientes rápidas		2		2	0,7	
	Brachycentridae	Micrasema	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,3	
	Calopterygidae	Hetaerina	Piedras y arena	Corrientes moeradas			2	2	0,7	
	Libellulidae	Brechmorhoga	Rocas y piedras	Corrientes rápidas	1	6	3	10	3,4	
		Tetrathemis	Piedras y arena	Corriente moderadas		1		1	0,3	
			Piedras y arena	Corrientes rápidas		7	2	9	3,0	
	Coenagrionidae	Zygoptera	Piedras y arena	Corrientes moeradas		1		1	0,3	
	Gomphidae	Phyllogomopoides sp	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1	3	2	6	2,0	
		Elmidae	Austrelmis	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	3	1		4	1,3
				Heterelmis sp	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			3	3
			Pharceonus	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,3
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Huleechius	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			1	1	0,3	
		Macrelmis	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	3	1		4	1,3	
		Microcyloepus	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2	1	1	4	1,3	
	Leptohyphidae	Thraulodes	Piedras y arena	Corrientes moeradas		1	19	20	6,7	
		Traverella	Piedras y arena	Corrientes rápidas		1		1	0,3	
		Farrodes	Piedras y arena	Corrientes rápidas		1	1	2	0,7	
		Tricorythopsis minimus	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		2	25	27	9,1	
		Tricorythopsis pseudogibbus	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		2	15	17	5,7	
		Tricorythopsis araponga	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2		6	8	2,7	
		Tricorythopsis chiriguano	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			3	3	1,0	
		Americabaetis	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			1	1	0,3	
		Leptohyphes	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		2	1	3	1,0	
		Tricorythodes	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas		1	1	2	0,7	
		Vacuperinus	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2	2		4	1,3	
		Leptohyphes eaton	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,3	
Baetidae	Camelobaetidius	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	1		2	3	1,0		
	Baetodes	Hojarasca y arena	Corriente moderadas	13	2	7	22	7,4		
	Maccacertium	Hojarasca y arena	Corriente moderadas		8		8	2,7		
	Andesiops	Hojarasca y arena	Corriente moderadas	14			14	4,7		
	Mayobaetis	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	3			3	1,0		
	Americabaetis	Hojarasca y arena	Corriente moderadas	3			3	1,0		
	Tricorythodes mirca	Piedras y arena	Corriente moderadas	7			7	2,3		
	Lachlania hagen	Rocas y piedras	Corrientes rápidas	5			5	1,7		
	Coenidae	Caenis stephen	Piedras y arena	Corrientes rápidas	3			3	1,0	
	Naucoridae	Ambrysus	Piedras y arena	Corrientes rápidas	1			1	0,3	
		HEMIPTERA	Limnocris	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	12	18	6	36	12,1
			Corydalus sp	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	2	10	2	14	4,7
PLECOPTERA	Perlidae		Anacronuria	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas	3		3	1,0	
DIPTERA	Blephariceridae	Limonnicola app	Piedras y arena	Corrientes rápidas			2	2	0,7	
TOTAL					105	78	115	298	100	

Elaborado: Autor

En la tabla 10, de distribución de las familias de los géneros de macroinvertebrados del río “Pilaló”, donde el uso de suelo (Agrícola), en cuanto a sustratos evaluados el más representativo fue Hojarasca y arena, donde los macroinvertebrados recolectados más sobresalientes son de orden Hemiptera familia Naucoridae que pertenece al género *Limnocris*. Se los puede encontrar en fuentes de agua de “calidad regular”, y en aguas “de calidad muy mala” ya que parece ser que se pueden adaptar fácilmente en aguas de distintos rangos de contaminación, en cuanto al microhábitat se caracterizó por las corrientes rápidas.

En el presente estudio sobre relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador. Se realizó una evaluación a los sustratos y microhábitat en función al uso de suelo en donde se encontró cada uno de los géneros de macroinvertebrados. En (Bosque) el sustrato más diverso fue troncos y hojarasca en donde también se encontró macroinvertebrados de orden Hephemeroptera de la familia Baetidae y género *Baetodes*, siendo uno de los más representativos y con mayor abundancia, por otro lado, el microhábitat estuvo representado por corrientes rápidas. En (Pastizal) el sustrato que predominó fue Hojarasca y arena, el orden Hemiptera de la familia Naucoridae y género *Limnocoris* es que más sobresale en los tres meses de estudio, en cuanto el microhábitat se caracterizó por las corrientes rápidas. En el uso de suelo (Agrícola), en cuanto a sustratos evaluados el más representativo fue Hojarasca y arena, donde los macroinvertebrados recolectados más sobresalientes son de orden Hemiptera familia Naucoridae que pertenece al género *Limnocoris*, en cuanto al microhábitat se caracterizó por las corrientes rápidas. Cortés y Ospina (2014), mencionan de manera general que el sustrato más representativo fue, hojarasca en donde se encontró la mayor cantidad de individuos (36). De acuerdo a Mayorga (2016), en su estudio menciona que en los cuatros meses de monitoreo el sustrato mucho más diverso se la encontró en troncos y hojarascas siendo una de las más representativas y con mayor abundancia de macroinvertebrados, en cuanto a microhábitat se caracterizo por las corrientes lentas y rápidas (19).

Índices de Diversidad

4.2. Resultados del Índice de Dominancia de Simpson, Diversidad Shannon-Wiener y la Riqueza de Margalef.

Tabla 11. Resultados de los índices de diversidad del uso de suelo (Bosque, Pastizal y Agrícola).

Usos de Suelo	Simpson_1-D	Shannon_H	Margalef
BP1E	0,82	2,05	3,36
BP1F	0,85	2,30	3,85
BP1M	0,85	2,00	2,52
BP2E	0,81	1,89	2,29
BP2F	0,86	2,21	3,43
BP2M	0,79	1,73	2,22
BP3E	0,90	2,49	3,16
BP3F	0,82	1,89	2,12
BP3M	0,76	1,68	2,22
PP1E	0,66	1,37	1,70
PP1F	0,81	1,89	2,63
PP1M	0,80	1,75	2,22
PP2E	0,79	1,89	2,35
PP2F	0,46	1,14	2,11
PP2M	0,76	1,81	2,80
PP3E	0,86	2,27	3,57
PP3F	0,88	2,26	3,40
PP3M	0,86	2,02	2,92
AP1E	0,89	2,56	4,49
AP1F	0,86	2,17	3,00
AP1M	0,79	1,58	1,82
AP2E	0,89	2,37	3,60
AP2F	0,56	1,31	2,23
AP2M	0,68	1,51	2,12
AP3E	0,85	2,32	3,85
AP3F	0,76	1,83	2,80
AP3M	0,81	1,86	2,59

Tabla 12. Valores altos y bajos de los índices de diversidad.

Usos de Suelo	Simpson_1-D	Shannon_H	Margalef
AP1E	Valor alto de especies		
	0,89	2,56	4,49
	Valor bajo de especies		
PP2F	0,46	1,14	
PP1E			1,70

En el mes de enero el uso de suelo (Agrícola-1) reflejó valores altos, en el índice de Simpson 0,89, la Diversidad de Shannon-Wiener 2,56 y la Riqueza de Margalef 4,49. En febrero (Pastizal-2) presentó valores bajos en el índice de Simpson 0,46, la Diversidad de Shannon-Wiener 1,14 y finalmente en enero (Pastizal-1) reflejó la Riqueza de Margalef 1,70 (tabla 11 y 12).

4.2.1. Índice de Dominancia de Simpson

Los resultados del Índice de Dominancia de Simpson (tabla 12), indica que la variable (Agrícola-1) enero, presenta alta dominancia de especie de macroinvertebrados acuáticos con (0,89), en cuanto a (Pastizal-2) febrero, la diversidad de especies es muy baja con (0,46). Según Yong (2017), de acuerdo al Índice de dominancia y diversidad de Simpson “La Victoria” (Bosque Natural) mostro una dominancia similar de (0,8), pero con un grado de diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos de (0,2), mientras que para las quebradas “El Congo” (intervenido), La Damita (Plantaciones) determinó que los resultados de dominancia fue de (0,9), mientras que su diversidad se registró de (0,1) respectivamente (37).

4.2.2. Índice Diversidad Shannon-Wiener

Referente al Índice de Diversidad Shannon-Wiener (tabla 12), el sitio que mostro mayor diversidad fue el uso de suelo (Agrícola-1) en enero, mientras que el uso de suelo (pastizal-2) en febrero, indicó una baja diversidad de especies. Según Guerrero (2016), en los cultivos agrícolas mostro lo contrario un menor número de individuos para el mes octubre. Pero por otra parte el índice de diversidad de Shannon mostro algo similar que el uso de suelo por pastizal presento una diversidad baja (25).

4.2.3. Índice de la Riqueza de Margalef

Referente al índice de la Riqueza de Margalef (tabla 12), el sitio que mostro una biodiversidad moderada fue el uso de suelo (Agrícola-1) en enero, mientras que el uso de suelo (Pastizal-1) en el mes de enero, presentó una menor biodiversidad de especies. De acuerdo a Mayorga (2016), el índice de riqueza Margalef aplicado en estero “El Limón” presentó diferencias significativas, mientras que en los esteros “La S y El Guayabo”, reflejó algo parecido ya que mostró un menor índice de riqueza (19).

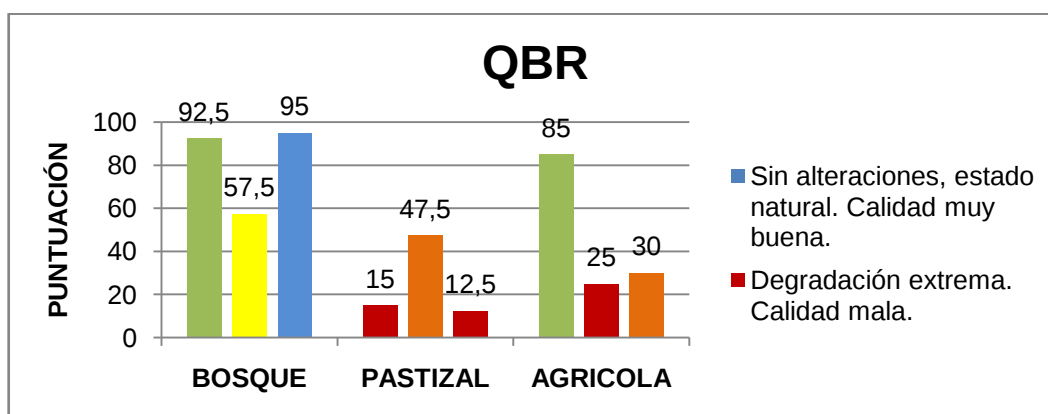
4.3 Aplicación de los índices QBR e IHF.

4.3.1. Índice QBR para bosque, pastizal y agrícola.

El grafico1, muestra los rangos de calidad del índice QBR, en donde el uso de suelo que presenta la puntuación más alta con 95 fue (Bosque 3) por lo tanto su nivel de calidad se califica como bosque de ribera “Sin alteraciones, estado natural. Calidad muy buena”, para el (Bosque 1 y Agrícola 1) con puntuaciones de 92,5 y 85 son usos de suelo que son ligeramente perturbado “Calidad buena”, (Bosque 2) con 57,5 tiene un inicio de alteración importante “Calidad moderna”, Por lo tanto (Pastizal 1, 3 y Agrícola 2) tienen las puntuaciones más bajas con 15, 12,5 y 25 se califica como “Degradación extrema, calidad mala”, por último (Agrícola 3) tiene una puntuación de 30 que también presenta alteración fuerte de “Calidad deficiente”, ver (tabla 3). De acuerdo a Morán, Mendoza y Chávez (2018), mencionan que los valores bajos de QBR están relacionados con la cercanía de viviendas, caminos, uso de suelo agrícola, deforestación y pastoreo, los factores mencionados son concordantes debido a la cercanía de las vertientes con las comunidades de San Pablo, Gonzales Suárez y el uso de suelo distribuido en uso agrícola y áreas urbanas (38).

Aguirre (2017), presentó valores parecidos de acuerdo al índice de la calidad del bosque de ribera (QBR) se encontró que en el tributario Sanka Yaku la estación abierta y cerrada muestra calidad aceptable de bosque (QBR>50); en el tributario Ñachik Yaku en la estación abierta presenta bosque de ribera sin alteración (QBR>75), mientras que en la estación cerrada presenta bosque de ribera en estado natural (QBR>95); en el tributario Yana Oglán 1 en la estación abierta presenta bosque de ribera si alteración (QBR>75), mientras que la estación cerrada presenta bosque de ribera en estado natural (QBR>95); en el tributario Yana Oglán 2 en la estación abierta presenta bosque de ribera si alteración (QBR>75), mientras que la estación cerrada presenta bosque de ribera en estado natural (QBR>95) (27).

Gráfico 1. Resultados de aplicación del índice QBR, para los tres usos de suelo.

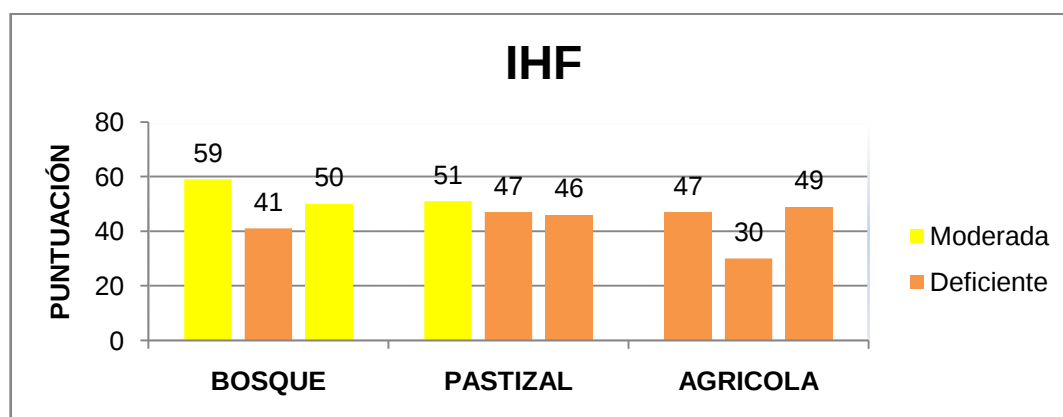


4.3.2. Índice IHF para bosque, pastizal y agrícola.

El gráfico 2, representa los índices de calidad de hábitat fluvial, para cada uso de suelo, en donde el “Bosque 1 y 3” y “Pastizal 1” presentó una calidad “moderada” de IHF, por lo tanto para “Bosque 2, Pastizal 2, 3 y Agrícola 1 a 3” presentó calidad “Deficiente” ver (tabla 2). Diversos autores como Morán, Mendoza y Chávez (2018), presentan diferentes valores, en las 3 vertientes se ponderaron 48 puntos en Proaño, 37 puntos en Quinde y 53 puntos en Gallopogyo y Proaño tienen la mayor puntuación con un nivel de calidad de hábitat “Regular” y Quinde se posicionó en un nivel de “Mala” calidad de hábitat fluvial. El hábitat “Regular” entre 40 a 60 puntos tiende a ser homogéneo, con limitaciones pero fiable en su capacidad de albergar comunidades biológicas, en cambio el hábitat de “Mala” calidad comprendido bajo 40 puntos tiende a ser muy uniforme con un escaso hábitat disponible (38).

Toledo (2015), en la microcuenca del río Chimborazo presentó una calidad parecida del IHF, donde el punto 1 presenta una diversidad de hábitats media ya que esta zona andina el lecho del río se encuentra expuesto debido a la composición vegetal de la ribera y la carencia de elementos de heterogeneidad como hojarasca, presencia de troncos y ramas así como también raíces expuestas (29).

Gráfico 2. Resultados del IHF, de enero a marzo para los tres usos de suelo.



4.4. Características Físico-químicas

Tabla 13. Valores de los parámetros físico-químicos.

Parámetros		USOS DE SUELO					
		Bosque		Pastizal		Agrícola	
		Media	Desv Std	Media	Desv Std	Media	Desv Std
CE	μS/cm	191	10	63,5	17,5	98,2	63,1
T	°C	20,5	0,7	26,2	1,4	24,5	2,7
SDT	ppm	94,4	15,9	31,5	6,9	49	31,3
OD	mg/l	7,8	0,1	7,8	0,4	7,6	0,2
pH		7,4	0,2	7,7	0,3	7,5	0,3

En los meses de enero a marzo (2018), los valores de conductividad eléctrica del agua son las que más variación poseen, por lo que oscilaron con 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en (Bosque), 63,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en (Pastizal) y 98,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en (Agrícola). La concentración de temperatura varió entre 20,5 °C en (Bosque), 26,2 °C en (Pastizal) y 24,5 °C en (Agrícola). Los valores de los sólidos disueltos totales oscilaron entre 94,4 ppm en (Bosque), 31,5 ppm en (Pastizal) y 49 ppm en (Agrícola). La concentración de oxígeno disuelto variaron entre 7,8 mg/l en (Bosque), 7,8 mg/l en (Pastizal) y en 7,6 mg/l en (Agrícola). Finalmente los valores de pH variaron entre 7,4 en (Bosque), 7,7 en (Pastizal) y 7,5 en (Agrícola).

Yong (2016), Los diferentes factores físico-químicos estudiados en los distintos puntos de muestreo, área El Congo (Intervenido), La Victoria (Bosque Nativo), La Damita (Plantaciones). Presentó el valor más alto de temperatura en el mes de Julio (27,7 °C), mientras que la más baja se determinó el mes de Agosto (18,4 °C). El valor más alto de sólidos totales disueltos se registró en la primera fecha de muestro (Junio) (147 mg/dm³), el

valor más bajo se presentó en la tercera fecha de muestreo (Agosto) (64 mg/dm^3). Los resultados que se obtuvieron del parámetro potencial de hidrógeno en las quebradas estudiadas, reflejó el valor más alto de 8,4 y el valor más bajo registró 7,18. Los parámetros estudiados en las tres zonas se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Anexo 1, Libro VI, TULSMA (Acuerdo Ministerial 028) (37).

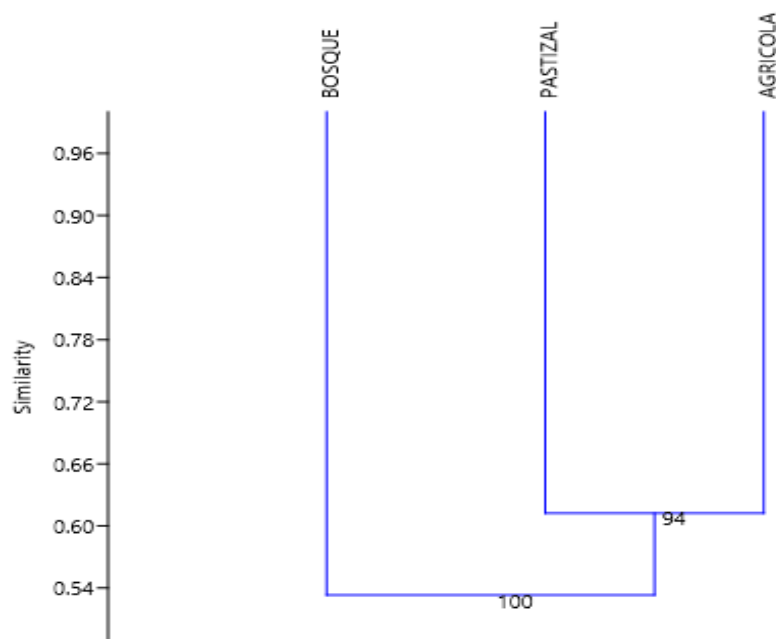
Ruiz Mateo et al., (1994), menciona que la temperatura es uno de los factores físicos que más condicionan el desarrollo de la vida en el medio acuático. Los efectos subletales de las variaciones de la temperatura afectan al metabolismo, respiración, comportamiento, distribución, migraciones, alimentación, crecimiento y reproducción de la mayoría de los animales y plantas acuáticas. El pH es una medida de la acidez del agua y es un factor importante en los sistemas químicos y biológicos de los medios acuáticos marinos. Aunque la mayoría de los seres vivos toleran amplias variaciones de pH, la toxicidad de gran número de contaminantes está afectada por los cambios de este entre márgenes de 5-9 unidades, por lo que incrementos de la acidez o de la alcalinidad pueden hacer a estos contaminantes más tóxicos (39).

Castellón (2013), presento en su estudio que la conductividad es la que más variación posee. La correlación demuestra que la zona media, presenta una conductividad más alta con $136.1 \text{ } \mu\text{S/cm}$, comparado con la zona alta y baja con 116.1 y $126 \text{ } \mu\text{S/cm}$ (35). Yépez et al., (2017), muestra que los valores de oxígeno disuelto obtenidos en el estudio indican niveles relativamente buenos de oxígeno, este gas depende de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos influye en la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macroinvertebrados (30).

4.4.1. Similitud de familias de macroinvertebrados por sustratos JACCARD

Según la presentación en la (Ilustración 3), se forman dos grupos, el grupo 1 presenta un 62% de similitud integrado por los usos de suelo “Pastizal y Agrícola” y el grupo 2 conformado solo por el uso de suelo “Bosque” presenta una similitud del 53%.

Ilustración 3. Dendrograma de similitud de los tres usos de suelo del río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador.



Las muestras de similitud Jaccard agrupa a los usos de suelo que se encuentra intervenidas por actividades agrícolas y ganaderas en un solo grupo, ya que presentan similitud entre los géneros *Leptonema*, *Scrimidea sp*, *Brechmorhoga*, *Thraulodes*, *Limnocoris* y *Coridalus sp*, separando al uso de suelo “Bosque” debido a que la similitud que presenta es menor al primer grupo, ya que presentan semejanzas en los siguientes géneros: *Leptonema*, *Scrimidea sp*, *Traverella*, *Leptohypes*, *Limnocoris* y *Coridalus sp*, debido a que sus características y estado ecológico casi no presentan intervención antropogénica por lo que la similitud es menor con un 9%. De acuerdo a la publicación de Toledo (2015), Los valores del coeficiente de Jaccard indican que el punto 1 en relación con el punto 2 presenta el mayor valor de similitud correspondiente a 0,464 en relación con los puntos restantes mientras que con el punto 3 es con el que menos familias comparte, el punto 2 y 3 al igual que el punto 3 y 4 son similares en un 50% es decir comparten el 50% familias mientras que el punto 2 y 4 son menos similares que con el punto 3 (29).

4.4.2. Análisis de Correspondencia Canónica ACC

Resultados de la prueba de permutación:

Permutaciones	1000
Pseudo F	1.4084
p-value	0.0120
alfa	0.0500

H0: Los datos de los géneros no están relacionados linealmente con los datos de variables.

Ha: los datos de los géneros están linealmente relacionados con los datos variables.

Como el valor de p calculado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0.05$, uno debería rechazar la hipótesis H0 y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis H0 mientras que es verdadero es inferior al 1.20%.

Ilustración 4. Imagen del Análisis de Correspondencia Canónica.

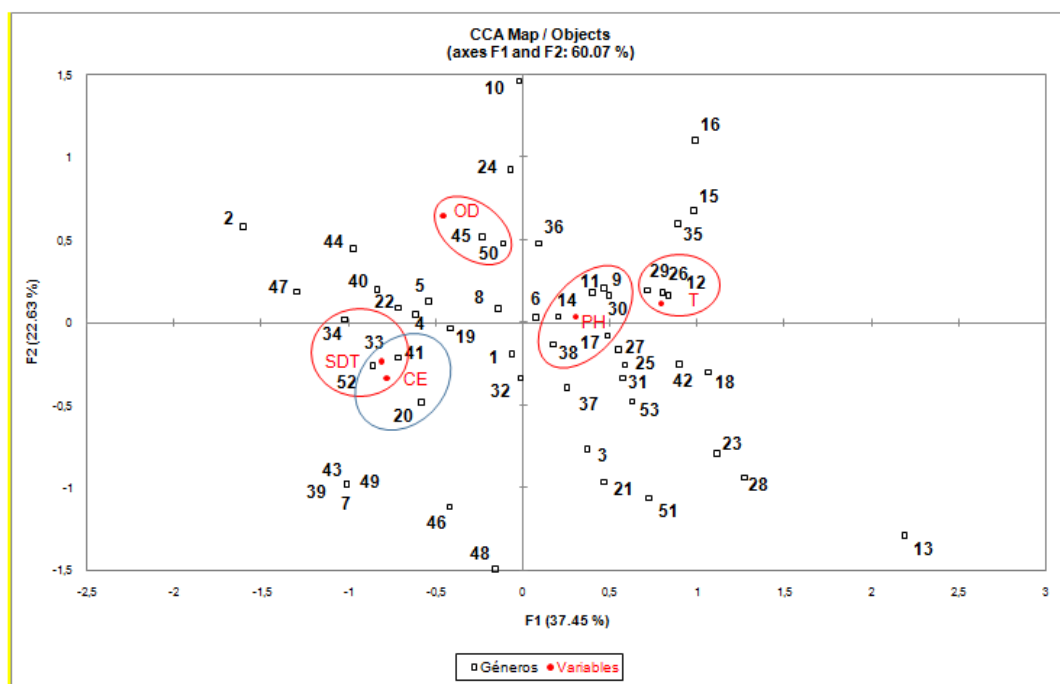


Tabla 14. Géneros de los macroinvertebrados acuáticos.

GENERO	codigo		
helicoptysche	1	Traverella	27
Hydroptilidae	2	Farrodes	28
Chimarra	3	Tricorythopsis minimus	29
Atopsiche	4	Tricorythopsis pseudogibbus	30
Macronema sp	5	Tricorythopsis araponga	31
Leptonema	6	Tricorythopsis chiriguano	32
Calosopsiche	7	Traveryphes indicator	33
Smicridea sp	8	Traveryphes edmundsi	34
Hidropsiquido	9	Americabaetis	35
Micrasema	10	Leptohypes	36
Hetaerina	11	Tricorythodes	37
Brechmorhoga	12	Vacuperinus	38
Miathyria marcella	13	Leptohyphes eaton	39
Tetrathemis	14	Camelobaetidius	40
Argia	15	Baetodes	41
Zygoptera	16	Maccafertium	42
Phyllogomopoides sp	17	Andesiops	43
Polythore sp	18	Mayobaetis	44
Austrelmis	19	Americabaetis	45
Stenelmis	20	Tricorythodes mirca	46
Heterelmis sp	21	Lachlania hagen	47
Pharceonus	22	Caenis stephen	48
Huleechius	23	Ambrysus	49
Macrelmis	24	Limnocoris	50
Microcyloepus	25	Corydalis sp	51
Thraulodes	26	Anacroneuria	52
		Limonicola app	53

Según el análisis de correspondencia canónica (Ilustración 4), muestra que los macroinvertebrados *Tetrathemis*, *Hetaerina*, *Hidropsiquido*, *Tricorythopsis pseudogibbus*, *Phyllogomopoides sp* y *Vacuperinus* les podría gustar habitar en zonas donde haya mayor pH ya que se adaptan mejor a ese parámetro facilitado su mejor desarrollo y podrían no estar relacionados con los SDT. Los *Traveryphes indicator* y *Baetodes* prefieren los SDT y CE ya que se adaptan mejor a las aguas que contengan estos parámetros elevados, por último los de género *Leptonema* podrían adaptarse fácilmente a cualquier tipo de parámetro, no tiene preferencia alguna. Montalvo (2017), menciona la relación de pH con las familias con alta densidad Baetidae, Chiromidae, Hydroptilidae con los puntos H-03 Referencia, CA-03 Pasto y H-02 Pasto. Por último presenta la relación del oxígeno disuelto, turbidez, conductividad eléctrica, IHF y los nitratos con los puntos de referencia que son los puntos CA-03 CA-04 – con los puntos de H-02 y H-03 Papa con relación a las familias Oligocheta, Hydrobiosidae, Planaridae, Elmidae, Simuliidae y Ceratopogonidae (40).

4.5. Aplicación del índice (BMWP-Cr) por cada mes de monitoreo en los tres usos de suelo en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador.

En los gráficos 3, 4 y 5, muestran los resultados alcanzados de la aplicación del índice BMWP-Cr en los tres usos de suelo “Bosque, Pastizal y Agrícola” cada uno en los tres puntos, durante los meses de monitoreo correspondientes de enero-marzo del 2018.

Gráfico 3. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Bosque.

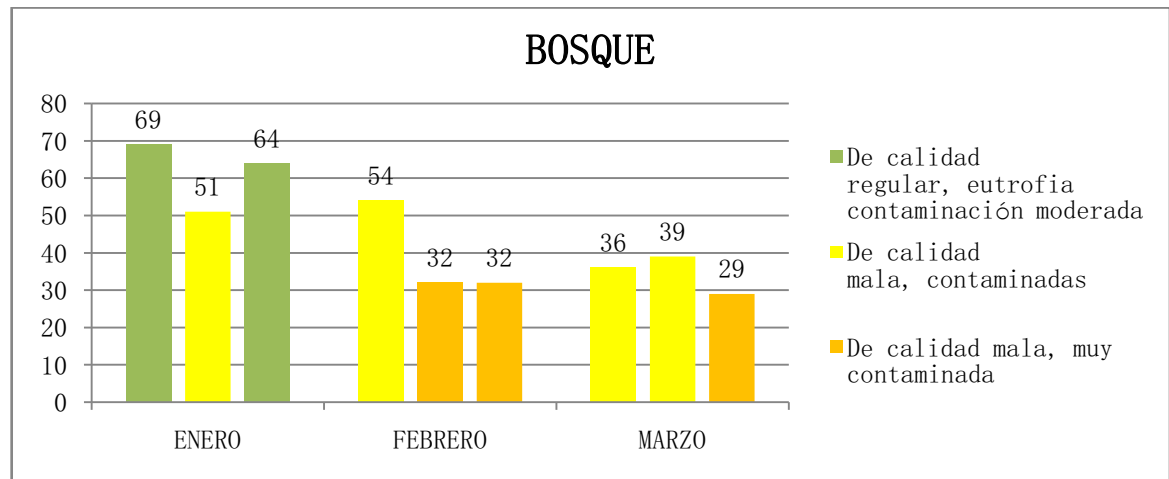


Gráfico 4. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Pastizal.

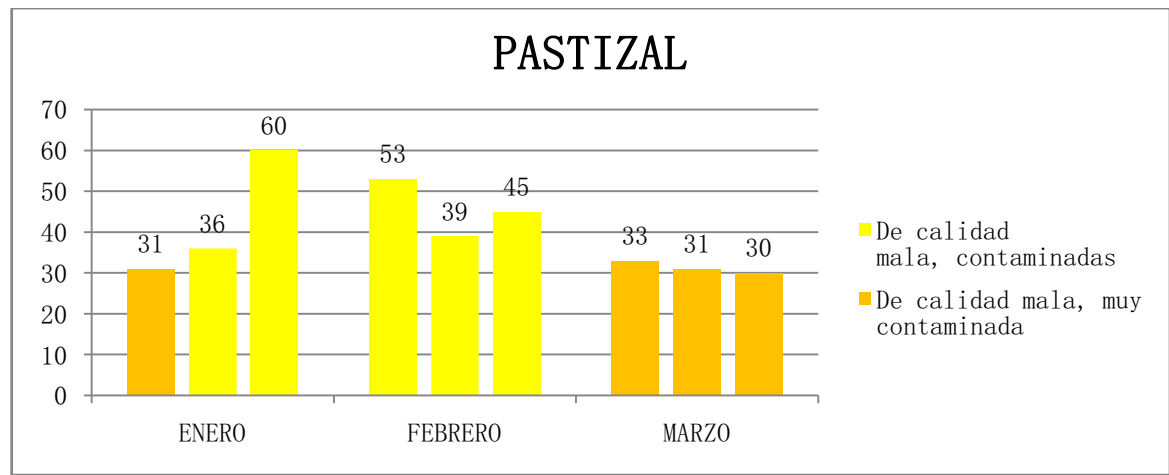
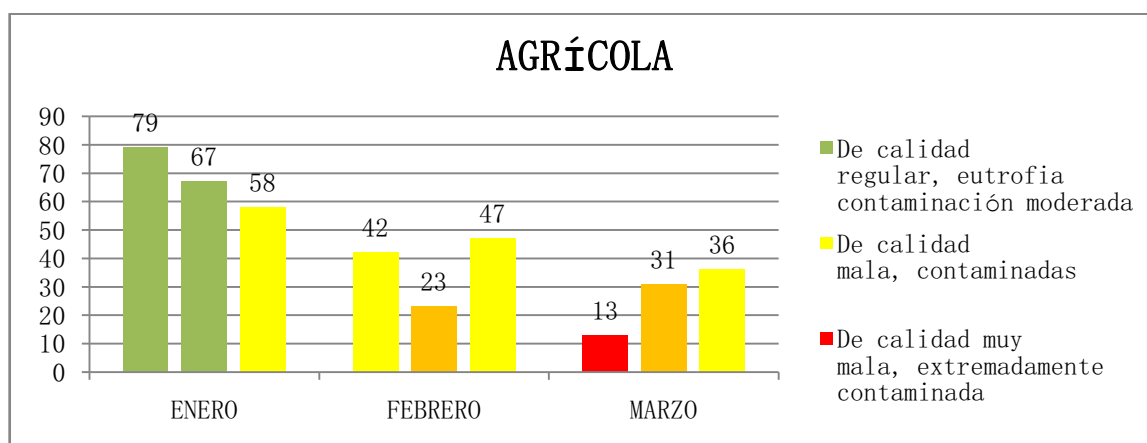


Gráfico 5. Puntuación del índice BMWP-Cr para el uso de suelo Agrícola.



La aplicación del índice biológico BMWP-Cr, en el monitoreo del río Pilaló para el uso de suelo (Bosque-1), en el mes enero, presento una puntuación de 69, la ejecución del índice dio como resultado que el río Pilaló presentó agua “De calidad regular, eutrofia no contaminada” Debido a que el puntaje del índice estaba dentro del rango de 61 -100 (ver tabla 4), en cambio en el me de marzo (Bosque-3) bajo la puntuación a 29 dando como resultado agua “De calidad mala, muy contaminada” ver gráfico 3. Para el uso de suelo pastizal-3 en enero dio la puntuación más alta 60 dando una agua “De calidad mala, contaminadas” pero en el mes de marzo (Pastizal-3) bajo la puntuación a 30 presentando agua “De calidad mala, muy contaminada”, ver gráfico 4. Por último para el uso de suelo a (Agrícola 1 y 2), en el mes de enero presento las puntuaciones más altas con 79 y 67 calificando una agua “De calidad regular”, por lo tanto en el mes de marzo (Agrícola-1), bajó la puntuación a 13 dando como resultado agua “De calidad mala, extremadamente contaminada”, ver gráfico 5.

Guerrero (2016), en el nivel de calidad del agua los diferentes puntos de muestreo y uso de suelo dentro de la microcuenca “El Sapanal” determinó que al aplicar el Índice BMWP-Cr en cultivos agrícolas presentó varios valores en un rango de 36-60 para los meses y puntos de muestreo octubre-3 (49), noviembre-2 (35), noviembre-4 (36), diciembre-2 (49) y diciembre-4 (57) al igual que pastizal para los meses de septiembre-2 (59), octubre-4 (49) y noviembre-2 (56) lo que corresponde a aguas de calidad mala, contaminadas (25).

Vargas (2017), presentó en forma general los valores del índice BMWP-CR que son bajos, tanto en las quebradas que se secan, como en las que mantienen el caudal. El valor más alto se registró en la primera réplica de la quebrada Zopilota arriba en el mes de junio con 84 puntos, mientras que el valor más bajo en la quebrada Limón abajo en los meses de junio y julio con 13 puntos (41). Varios autores González, Ramírez, Meza y Días (2012), presentó la calificación alta del BMWP en todas las estaciones, probablemente se deba a que tal índice de calidad de agua se calcula a través de la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos, lo que puede producir una imprecisión en las calificaciones (42). Castellón (2013), en su estudio menciona que la determinación del tipo de calidad del agua de las zonas de muestreo en la microcuenca El Chimbo, el índice biótico BMWP modificado para Costa Rica, considera la ausencia o presencia de Familias específicas indicadoras, y que poseen tolerancias a diferentes niveles de contaminación (35).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Según la investigación realizada en el presente trabajo se pudo determinar la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos, durante los meses de enero, febrero y marzo de monitoreo en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador, se obtuvo una cantidad de 871 macroinvertebrados acuáticos en su totalidad. En el uso de suelo “Bosque” fue el que presentó mayor cantidad de abundancia con 335 individuos en los tres meses monitoreo.
- De acuerdo a los rangos de calidad del índice QBR, el uso de suelo que presenta la calificación más alta “Bosque-3” con una puntuación de 95 obteniendo el nivel de calidad “Bosque de rivera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural. Y para el índice de calidad de hábitat fluvial se determinó el uso de suelo con mayor calificación “Bosque 1 y 3” y “Pastizal-1” presentan una puntuación de 59, 50 y 51 obteniendo un nivel de calidad “moderada” de IHF.
- El análisis de Correspondencia Canónica, determina que la mayoría de los géneros de macroinvertebrados están más relacionados a las variaciones de los parámetros físico-químicos como: temperatura, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH, la mayor cantidad de géneros como *Hidropsiquido*, *Hetaerina*, *Tetrathemis*, *Pillogomopoides sp*, *Tricoritopsis pseudogibbus* y *Vacuperinus* se encuentran más relacionadas con el pH.
- En la presente investigación se evaluó la calidad del agua en el río Pilaló, de los usos de suelo “Bosque, Pastizal y Agrícola”, mediante el índice biológico BMWP-Cr. Se pudo determinar que los usos de suelo que obtuvieron la mayor calificación fueron “Bosque-1”, con una puntuación de 69 y “agrícola-1”, con una puntuación de 79 en el mes de enero, por lo que presentó aguas “De calidad regular, eutrofia contaminación moderada”, mientras tanto para marzo en agrícola-1 presentó una puntuación de 13 siendo la calificación más baja y dando como resultado un nivel “de calidad muy mala, extremadamente contaminada”.

- De acuerdo a las actividades realizadas, en el presente trabajo de investigación se encontró evidencias para aceptar la hipótesis, por lo tanto se concluye que la contaminación del agua y las alteraciones en la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos del río “Pilaló” están relacionadas directamente a las actividades realizadas por el hombre.

5.2. Recomendaciones

- Realizar charlas de capacitación a los agricultores que habitan por las zonas del río Pilaló en cuanto al manejo adecuado de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas.
- Tomar en cuenta a las instituciones educativas y gubernamentales tales como Universidades, colegios, Ministerio de Ambiente y el GAD Municipal, con el objetivo de crear grupos de personas con conocimientos para la conservación y restauración de las riberas que se encuentran afectadas dentro de la provincia de Cotopaxi.
- Que al GAD Municipal de Pujilí, debe implementar la reforestación en las riberas del río Pilaló, para tratar de disminuir el deterioro de las riberas y así contribuir en la disminución de la contaminación del agua.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXO

6.1. Bibliografía

1. Gutiérrez-Fonseca PE, Ramírez A. Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico : principales amenazas y herramientas de evaluación Ecological evaluation of streams in Puerto Rico : major threats and evaluation tools. *Hidrobiologica*. 2016;26(3):433–41.
2. Ruiz-picos RA, López-lópez JESE. Ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos relacionados con diversos usos del suelo en los ríos Apatlaco y Chalma-Tembembe (cuenca del Río Balsas), México Aquatic macroinvertebrates assemblages related to diverse land uses in the Apatlaco and Chalma-Temb. 2016.
3. Díaz ÁM, Corredor LO, Fernández YN, Riaño NA. Macroinvertebrados Acuáticos En Un Arroyo Tropical (Colombia) Functional Feeding Groups of Aquatic Macroinvertebrates in a Tropical Stream (Colombia). 2016;425–33.
4. Oviedo C. Macroinvertebrados y su importancia como bioindicadores de la calidad del agua en el río San Pedro. Quito; 2015. 162 p.
5. SENAGUA. Analisis de la Calidad del Agua Rio Coca. BooksGoogleCom. 2012;7.
6. Peñafiel A. Evaluación de la Calidad del Agua del Río Tomebamba Mediante el Índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Univ Cuenca Fac Ingeniería Esc Ing. 2014;91.
7. K. Contreras, J.contreras, M. Corti, J. De Sousa, M. Durán ME. El agua un recurso para preservar. Univeridad Los Andes Fac Med Escuela Med. 2008;27.
8. Oleas B. Evaluación de la Calidad Física, Química y Microbiológica del Agua de Consumo Humano en la Parroquia Rural de Cubijíes del Cantón Riobamba RIOBAMBA. Esc Super Politécnica Chimborazo Fac Ciencias Esc Bioquímica y Farm [Internet]. 2016;77. Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/56T00644.pdf>
9. Gili G, Generales P. Informe anual 2003. 2003;36–7.
10. Aznar Jiménez A. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Gestión Ambient [Internet]. 2000;2(23):12–9. Available from: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
11. Orellana Lara J. Determinación de Índices de Diversidad Florística Arbórea. Univ MAYOR SAN SIMÓN Fac CIENCIAS AGRÍCOLAS For Y Vet Esc CIENCIAS For. 2009;49.
12. Espinoza V, Castillo R, Rovira D, Chiriquí D. Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de [Internet]. 2014. 1-108 p. Available from: <http://www.oteima.ac.pa/nueva/investigaciones/Parámetros Físico-químico listo.pdf>

13. Breu F, S. Guggenbichler, Jc. Wollmann. Análisis de aguas. Vasa [Internet]. 2008;46. Available from: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
14. ADEKUNLE, Adebayo S. and ENIOLA ITK, Al-janabi ZZ, Altansukh O, Carr GM, Rickwood CJ, Edwin AI, et al. Impact Of Industrial Effluents On Quality Of Segment Of Asa River Within An Industrial Estate In Ilorin, Nigeria. Int J Innov Res Sci Eng Technol [Internet]. 2013;1(3):285–93. Available from: http://www.ijirset.com/upload/2014/august/38_CCME.pdf
15. Dr. Jaime Camargo. Parámetros Fisicoquímicos para la Caracterización de los Residuos Líquidos. 1997. p. 1–44.
16. Vásquez GS, Castro GM, Gonzáles IM, Pérez RR, Castro TB. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. ContactoS [Internet]. 2006;60:41–8. Available from: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>
17. Cadena J. Comparar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en dos tramos de monitoreo en el río, quebrada, lago.... y su relación biológica con la calidad del agua. Proy Semest Ecol Gen. 1967;47–52.
18. Situaci L, Existentes P, Figura P. La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles. Libr Blanco del Agua en España. 1994;5:21 6-227.
19. Kenia M. Calidad del agua y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de los esteros “el Limón”, “la S” y “el Guayabo” del cantón el Empalme, Guayas-Ecuador. Univ técnica estatal quevedo Fac ciencias Ambient [Internet]. 2016;93. Available from: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1992/1/T-UTEQ-0021.pdf>
20. Encalada V. Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca El Jambué, por medio de análisis de biodiversidad de macroinvertebrados. Univ Nac Loja [Internet]. 2014;125. Available from: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17054>.
21. Manual de Prácticas. Estimación de la Diversidad Específica. 1971;1–11.
22. Pardo I, Alvarez M, Casas J, Moreno JL, Vivas S, Bonada N, et al. El habitat de los ríos mediterraneos. Diseño de un índice de diversidad de habitat. Limnetica. 2002;21(3–4):115–33.
23. Qbr E. Protocolo 7 : Índice De Calidad Del Bosque De Ribera (Qbr). 2003;84–96.
24. Huertas DA. Análisis de la calidad de agua del Río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos [Internet]. 2014. 95 p. Available from: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf
25. Norma María Guerrero Chuez, Mariela Alexi Díaz Ponce, Juan Pablo Urdanigo Zambrano C, Carolina Tayhing Cajas RVGC y ÁJYR. Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador. 2017;5:1–11.

26. Alomía J, Iannacone JA, Alvarino L, Ventura K. Macroinvertebrados Bentónicos Para Evaluar La Calidad De Las Aguas De La Cuenca Alta Del Río Huallaga, Perú. Biol [Internet]. 2017;1(2):65–84. Available from: <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/144>.
27. Aguirre J. Relación entre la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos y la cobertura vegetal ribereña de cuatro tributarios del río Oglán Pastaza-Ecuador. Univ Cent DEL ECUADOR Fac CIENCIAS BIOLÓGICAS. 2017;(Figura 1):2–3.
28. Barra L. Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Univ Nac Amaz los Andes. 2015.
29. Toledo MB. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del Río Chimborazo. Escuela Super Politécnica Chimborazo Fac Cencias [Internet]. 2015;155. Available from: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/4774>.
30. Yépez Rosado Á, Yépez Yanez ÁB, Urdánigo Zambrano JP, Morales Cabezas DC, Guerrero Chuez NM, TayHing CC. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. Ciencias Ambient Sci Cienc. 2017;10:27–34.
31. Tingo gp el. Plan de desarrollo territorial. 2015.
32. Gasteiz V. No Title. Soc Española Ciencias For. 2013;1–14.
33. Iii A. Protocolos y hojas de campo Protocolo para la aplicación del índice BMWP '.
34. Dpto ER, Dpto SA, Fecha PS, Direcci A, Fecha SG. Utilización del índice BMWP'-cr para análisis de la calidad del agua en quebrada barro, montecillos durante el año 2013. 2013;1–27. Available from: <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Colegio-Gregorio-José-Ramírez-Castro-GLOBE-2013.pdf>
35. Castellón R. Evaluación rápida de La calidad del agua utilizando Macroinvertebrados acuáticos durante la temporada lluviosa en La Microcuenca “ El Chimbo ”. Univ Nac Autónoma Honduras Inst Hondureño Ciencias la Tierra [Internet]. 2013;33. Available from: <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/08/evaluac3b3n-rc3a1pida-de-la-calidad-del-agua.pdf>
36. Cortés-Guzmán D, Ospina-Torres R. Comunidades de macroinvertebrados acuáticos en quebradas de la isla de providencia, mar caribe Colombiano. rev intropica. 2014;9:9–22.
37. Yong R. Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en ríos del bosque protector Murocomba, cantón Valencia, Ecuador. Univ Técnica Estatal Quevedo Fac Ciencias Ambient Carrera

Ing Gestìon Ambient [Internet]. 2015;1:120. Available from: <http://mail.uteq.edu.ec/bitstream/43000/288/1/T-UTEQ-0007.pdf>

38. Ana Morán , Tito Mendoza PC. Evaluación de la calidad de hábitat de *Astroblepus ubidiai* , en drenajes de la cuenca del lago San Pablo , cantón Otavalo , provincia de Imbabura. 2018.
39. De Armas Tápanes J, Rodríguez Romero R, Zayas Suárez D, Fernández Vila LJ, López García D. Parametrización oceanográfica en índices de calidad del agua. GEOCUBA Estud Mar [Internet]. 2010;(1992):8. Available from: <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3590>.
40. Montalvo P. Influencia del cambio del uso de suelo sobre la fisicoquímica del agua y la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de dos microcuencas en la zona del Ángel (Carchi-Ecuador). *fac ing y ciencias agropecu* autor. 2017.
41. Vargas LA. Efecto de la intermitencia de flujo en el ensamble de los macroinvertebrados acuáticos y en las características físico - químico en cinco cuerpos de agua estacionales. *Univ Costa Rica Fac Ciencias Esc Biol*. 2017.
42. González G. SM, Ramírez YP, Meza S. AM, Dias LG. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico Mus Hist Nat*. 2012;16(2):135–48.

6.2. Anexo

Anexo 1. Recolección e identificación de los macroinvertebrados acuáticos.



Recolección de macroinvertebrados acuáticos.



Identificación de macroinvertebrados

Anexo2. Taxas de macroinvertebrados acuáticos.



Odonata, Libellulidae, *Brechmorhorga*



Odonata, Gomphidae, *Progomphus*



Ephemeroptera, Leptophlebiidae, *Thraulodes*



Ephemeroptera, Oligoneuridae, *Lachlania hagen*



Trichoptera, Hydropsychidae, *Leptonema*



Coleoptera, Elmidae, *Phanocerus*

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita Ing. **Norma Guerrero Chuez Msc**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo certifica que el estudiante VEGA CHUGCHILÁN ISMAEL JESÚS, realizó el Proyecto de Investigación con el tema de “**RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD HÍDRICA EN EL RÍO PILALÓ, COTOPAXI, ECUADOR**”, fue ingresado al sistema URKUND y presento el 9% de similitud, considerando el reglamento e instructivos de Proyecto de Investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ing. Norma Guerrero Chuez MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN