



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

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

Título del Proyecto de Investigación:

**“MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTERO MOCACHE EN LA MICROCUENCA
BAJA DEL RIO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO”**

Autora:

Brigithe Anabel Pin Peralta

Directora del Proyecto de Investigación:

Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc.

Quevedo-Los Ríos- Ecuador

IC 2020-2021

**“MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO
INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL
ESTERO MOCACHE EN LA MICROCUENCA BAJA DEL
RIO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL
SUELO”**

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Brigithe Anabel Pin Peralta**, declaro que la investigación aquí descrita 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 documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Brigithe Anabel Pin Peralta

C.C. #1250142344

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Ing. Norma Guerrero Chuez Msc**, docente de la carrera de Licenciatura en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Brigithe Anabel Pin Peralta**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el estero Mocache en la microcuenca baja del río Quevedo y su relación con los usos del suelo**”, previo a la obtención del título de Licenciada 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

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



Document Information

Analyzed document	Tesis Pin Brigitte.docx (D97432053)
Submitted	3/6/2021 3:51:00 PM
Submitted by	Norma Guerrero Chuez
Submitter email	nguerrero@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	nguerrero.uteq@analysis.arkund.com



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título

“MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTERO MOCACHE EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RIO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO”

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carolina Tay Hing C.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blg. Juan Pablo Urdanigo Z.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Julio Pazmiño R.

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

2021

AGRADECIMIENTO

A papá Dios por ser el pilar que sostiene mi vida, por brindarme las fuerzas y razones suficientes para luchar por cada una de mis metas.

A mis padres Laura Peralta y José Pin por todo su amor y confianza que han sido factores claves para que pueda lograr cada objetivo propuesto a lo largo de mi vida.

A mi tía Deysi Peralta por brindarme su apoyo en todo momento, por las buenas vibras que me transmite y por la motivación que, sin saber en muchos momentos me han ayudado a tomar decisiones que afectan de manera positiva en mi vida.

A mis hermanos Anderson y María por su paciencia y soporte en todo momento.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de pregrado dentro del campus, a los docentes que formaron parte de mi instrucción académica a lo largo de mi etapa de estudio, a mis compañeros y amigos más cercanos que impactaron en mi vida de manera personal y que hoy en día forman parte de mis días. A mi directora de tesis Ing., Norma Guerrero por su predisposición a ayudarme en el momento que lo necesite, al Ing. Carlos Nieto y Juan Pablo Urdanigo, por la ayuda brindada durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres por ser parte
fundamental de mi vida y brindarme su apoyo,
y amor incondicional en todo momento.

A mis hermanos por su
ayuda siempre que lo necesite.

A mi sobrino Nahel por ser luz para mi vida.

Con Cariño...

Brigithe

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación fue desarrollada en la microcuenca baja del río Quevedo, en los esteros Sábalo y Mocache evaluando usos de suelo de tipo agrícola, bosque y pastizal con la finalidad de determinar la influencia de estos dentro de los cuerpos de agua. Para ello en la metodología se aplicó los índices de diversidad de Shannon- Weaver, dominancia de Simpson y riqueza y equidad de Pielou, además se evaluó el estado de la vegetación de ribera a través del índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad de bosque de ribera (QBR), se efectuó la toma de parámetros fisicoquímicos y se empleó el índice de calidad de agua BMWP-Cr. El periodo de muestreo estuvo comprendido entre los meses de diciembre (época seca-2020), enero y febrero (época lluviosa-2021); por consiguiente, se obtuvo como resultado un total de 565 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 9 órdenes, 20 familias y 22 géneros. Siendo los géneros más representativos *Camelobaetidius*, *Lumbricidae* y *Leptohyphes*. El índice de diversidad de Shannon reflejó mayor diversidad en el uso de suelo de bosque, algo similar sucedió con la dominancia de Simpson siendo mayor en este uso de suelo, por su parte el uso de suelo agrícola mostro una mayor riqueza de acuerdo a los resultados obtenidos en el índice de Pielou. En cuanto al estudio de la vegetación de ribera, ambos índices tanto el QBR como el IHF mostraron una condición buena en el uso de suelo bosque. La aplicación del índice BMWP-Cr permitió determinar que la calidad del agua en los tres usos de suelo va desde calidad mala contaminada, hasta muy mala, extremadamente contaminada, con un promedio alto de 53,33. Finalmente a través del análisis de redundancia se definió que parámetros fisicoquímicos como; turbidez, dureza, CE, OD y SDT son influyentes en la presencia de géneros como; *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Leptohyphes*, *Lumbricidae* y *Tubifex*.

Palabras claves: ecosistemas acuáticos, zona ribereña, variable, parámetros, géneros.

ABSTRACT

This research was developed in the lower micro-basin of the Quevedo River, in the Sábalo and Mocache estuaries, evaluating agricultural, forest and pasture land uses in order to determine their influence within the water bodies. For this, in the methodology, the Shannon-Weaver diversity indices, Simpson dominance and Pielou richness and equity were applied, in addition the state of the riparian vegetation was evaluated through the river habitat index (IHF) and quality index riparian forest (QBR), and the physicochemical parameters were taken and the BMWP-Cr water quality index was used. The sampling period was between the months of December (dry season-2020), January and February (rainy season-2021); consequently, a total of 565 aquatic macroinvertebrates distributed in 9 orders, 20 families and 22 genera were obtained. The most representative genera being *Camelobaetidius*, *Lumbricidae* and *Leptohyphes*. The Shannon diversity index reflected greater diversity in the use of forest land, something similar happened with Simpson's dominance being greater in this land use, for its part the use of agricultural land showed a greater richness according to the results. obtained from the Pielou index. Regarding the study of the riparian vegetation, both the QBR and the IHF indices showed a good condition in the use of forest land. The application of the BMWP-Cr index made it possible to determine that the quality of the water in the three land uses ranges from poor polluted quality, to very bad, extremely polluted, with a high average of 53.33. Finally, through the redundancy analysis, it was defined that physicochemical parameters such as; turbidity, hardness, CE, OD and SDT are influential in the presence of genera such as; *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Leptohyphes*, *Lumbricidae*, and *Tubifex*.

Keywords: aquatic ecosystems, riparian zone, variable, parameters, genera.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOSii

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....iii

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

AGRADECIMIENTO vi

DEDICATORIAvii

RESUMEN EJECUTIVOviii

ABSTRACT ix

CÓDIGO DUBLIN xv

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I..... 1

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 1

1.1. Problema de Investigación..... 4

1.1.1. Planteamiento del problema 4

Diagnóstico..... 4

Pronostico..... 4

1.1.2. Formulación del problema 5

1.1.3. Sistematización del problema..... 5

1.2. Objetivos..... 5

1.2.1. Objetivo General 5

1.2.2. Objetivos Específicos 5

1.3. Justificación 6

CAPÍTULO II..... 8

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 8

2.1. Marco Conceptual..... 8

2.1.1. Cuenca Hidrográfica 8

2.1.2. El agua	8
2.1.2.1. Principales fuentes de contaminación del agua.....	8
2.1.3. Ecosistema fluvial.....	8
2.1.4. Calidad del agua.....	8
2.1.5. Parámetros físicos	9
2.1.5.1. Turbiedad	9
2.1.5.2. Temperatura	9
2.1.5.3. Conductividad eléctrica.....	9
2.1.6. Parámetros químicos.....	9
2.1.6.1. Sólidos disueltos.....	10
2.1.6.2. Dureza	10
2.1.6.3. pH.....	10
2.1.6.4. Oxígeno Disuelto (DO)	10
2.1.7. Permutación	10
2.1.8. Biomonitorio	10
2.1.9. Índices Bióticos.....	11
2.1.10. Índice BMWP-CR.....	11
2.1.11. Macroinvertebrados acuáticos	11
2.1.11.1. Ventajas del uso de los macroinvertebrados acuáticos	11
2.1.12. Índice de diversidad	12
2.1.13. Índice de hábitat fluvial (IHF).....	12
2.1.14. Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)	12
2.2. Marco referencial.....	12
CAPÍTULO III	8
MÉTODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
3.1. Localización.....	18
3.1.1. Áreas de muestreo seleccionadas	19

3.2. Tipo de Investigación.....	20
3.2.1. Diagnostico.....	20
3.2.2. Exploratorio.....	21
3.2.2.1. Documental	21
3.2.2.2. De campo.....	21
3.3. Métodos de Investigación	21
3.3.1. Método de Observación	21
3.3.2. Método Analítico.....	21
3.4. Fuentes de recopilación de información.	21
3.4.1. Fuentes primarias.....	21
3.4.2. Fuentes secundarias	22
3.5. Diseño de la investigación.	22
3.6. Instrumentos de Investigación	26
3.7. Tratamiento de los datos.	27
3.8. Recursos humanos y materiales	28
CAPITULO IV	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1. Distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, referentes a composición, abundancia, diversidad, y riqueza en los esteros Sábalo y Mocache.	30
4.1.1. Distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Quevedo.	30
4.1.2. Índices de diversidad.....	35
4.1.2.1. Índice de Shannon	36
4.1.2.2. Índice de Simpson	37
4.1.2.4. Índice de Similitud de Bray Curtis.....	39
4.1.2.5. ANOSIM	40
4.2. Estado de vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo empleando el Índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad del bosque de ribera (QBR).	41

4.2.1. Índice de Hábitat Fluvial.	41
4.2.2. Índice de Calidad del Bosque de Ribera.	42
4.3. Efecto de los usos de suelo sobre la calidad del agua utilizando el Índice BMWP-CR, y parámetros fisicoquímicos.	43
4.3.1. Parámetros Fisicoquímicos	44
4.3.2. Análisis de Redundancia	46
CAPITULO V	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones	50
CAPITULO VI	51
BIBLIOGRAFIA	51
CAPITULO VII.....	58
ANEXOS	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas en función del uso de suelo.....	19
Tabla 2. Niveles de calidad del IHF.	24
Tabla 3. Niveles de calidad del QBR.	25
Tabla 4. Calidad de agua según el puntaje del Índice de BMWP-Cr	26
Tabla 5. Recursos humanos y materiales.....	28
Tabla 6. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo de la microcuenca baja del río Quevedo.	32
Tabla 7. Presencia / ausencia de macroinvertebrados bentónicos en los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal en la microcuenca baja del río Quevedo.	33
Tabla 8. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y hábitat en el uso de suelo agrícola, bosque y pastizal en la microcuenca baja del río Quevedo.....	34
Tabla 9. Índices de diversidad de Shannon- Weaver, dominancia de Simpson y riqueza de Pielou.....	36
Tabla 10. Anova de los parámetros físico químicos.....	45

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de zonas influentes en el área de estudio.	18
Ilustración 2. Ubicación de los puntos de muestreo en las zonas de estudio.	20

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.Resultados del Índice de diversidad Shannon en los tres usos de suelo.....	37
Gráfico 2. Resultados del Índice de dominancia de Simpson en los tres usos de suelo.....	37
Gráfico 3. Resultados del Índice de riqueza de Pielou en los tres usos de suelo.	38
Gráfico 4. Resultados del análisis de similitud a través del Índice de Bray Curtis en los diferentes usos de suelo.	39
Gráfico 5. Resultados del Análisis de Similitud en los usos de suelo; agrícola, bosque y pastizal.	40
Gráfico 6. Resultados de Índice de Hábitat Fluvial en los tres usos de suelo.	41
Gráfico 7. Resultados del Índice de Calidad de Bosque de Ribera en los tres usos de suelo.	42
Gráfico 8. Resultados del Índice BMWP-CR aplicado a los tres usos de suelo.....	43
Gráfico 9. Resultados del Análisis de redundancia desarrollado entre los parámetros fisicoquímicos y los géneros encontrados.	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Índice IHF aplicado a los usos de suelo; agrícola, bosque y pastizal.	59
Anexo 2.Índice QBR aplicado a los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal.....	60
Anexo 3. Fotografías de uso de suelo agrícola, bosque y pastizal.	61
Anexo 4.Macroinvertebrados acuáticos encontrados en los diferentes usos de suelo.....	62
Anexo 5.Identificación de macroinvertebrados en laboratorio de la UTEQ.	63

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el estero Mocache en la microcuenca baja del río Quevedo y su relación con los usos del suelo.				
Autora:	Pin Peralta, Brigitte Anabel				
Palabras clave:	Ecosistemas acuáticos	Zona ribereña	Variables	Parámetros	Géneros
Fecha de publicación:	Mayo, 2021				
Editorial:	UTEQ				
Resumen:	Resumen: La presente investigación fue desarrollada en la microcuenca baja del río Quevedo, en los esteros Sábalo y Mocache evaluando usos de suelo de tipo agrícola, bosque y pastizal con la finalidad de determinar la influencia de estos dentro de los cuerpos de agua. Para ello en la metodología se aplicó los índices de diversidad de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson y riqueza y equidad de Pielou, además se evaluó el estado de la vegetación de ribera a través del índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad de bosque de ribera (QBR), y se efectuó la toma de parámetros fisicoquímicos y se empleó el índice de calidad de agua BMWP-Cr. El periodo de muestreo estuvo comprendido entre los meses de diciembre (época seca-2020), enero y febrero (época lluviosa-2021); por consiguiente, se obtuvo como resultado un total de 565 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 9 órdenes, 20 familias y 22 géneros. Siendo los géneros más representativos Camelobaetidius, Lumbricidae y Leptohyphes. El índice de diversidad de Shannon reflejo mayor diversidad en el uso de suelo de bosque, algo similar sucedió con la dominancia de Simpson siendo mayor en este uso de suelo, por su parte el uso de suelo agrícola mostro una mayor riqueza de acuerdo a los resultados obtenidos del índice de Pielou. En cuanto al estudio de la vegetación de ribera, ambos índices tanto el QBR como el IHF mostraron una condición buena en el				

uso de suelo bosque. La aplicación del índice BMWP-Cr permitió determinar que la calidad del agua en los tres usos de suelo va desde calidad mala contaminada, hasta muy mala, extremadamente contaminada, con un promedio alto de 53,33. Finalmente a través del análisis de redundancia se definió que parámetros fisicoquímicos como; turbidez, dureza, CE, OD y SDT son influyentes en la presencia de géneros como; Baetodes, Camelobaetidius, Leptohyphes, Lumbricidae y Tubifex.

Abstract: This research was developed in the lower micro-basin of the Quevedo River, in the Sábalo and Mocache estuaries, evaluating agricultural, forest and pasture land uses in order to determine their influence within the water bodies. For this, in the methodology, the Shannon-Weaver diversity indices, Simpson dominance and Pielou richness and equity were applied, in addition the state of the riparian vegetation was evaluated through the river habitat index (IHF) and quality index riparian forest (QBR), and the physicochemical parameters were taken and the BMWP-Cr water quality index was used. The sampling period was between the months of December (dry season-2020), January and February (rainy season-2021); consequently, a total of 565 aquatic macroinvertebrates distributed in 9 orders, 20 families and 22 genera were obtained. The most representative genera being Camelobaetidius, Lumbricidae and Leptohyphes.

The Shannon diversity index reflected greater diversity in the use of forest land, something similar happened with Simpson's dominance being greater in this land use, for its part the use of agricultural land showed a greater richness according to the results. obtained from the Pielou index. Regarding the study of the riparian vegetation, both the QBR and the IHF indices showed a good condition in the use of forest land. The application of the BMWP-Cr index made it possible to determine that the quality of the water in the three land uses ranges from poor polluted quality, to very bad, extremely polluted, with a high average of 53.33.

	Finally, through the redundancy analysis, it was defined that physicochemical parameters such as; turbidity, hardness, CE, OD and SDT are influential in the presence of genera such as; Baetodes, Camelobaetidius, Leptohyphes, Lumbricidae, and Tubifex.
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

A pesar de la inmensa variedad de servicios que proveen los ecosistemas naturales, sin duda uno de los más apreciados y amenazados es el mantenimiento de la calidad del agua. En respuesta a esta situación, se han venido desarrollando, alrededor del mundo, mecanismos innovadores, tendentes a proveer agua de calidad mediante la conservación y rehabilitación de cuencas hidrográficas (1).

La modificación del ambiente, a través de la degradación de la tierra, es un proceso perjudicial que afecta negativamente el desarrollo de la población. Dentro de las causas principales se encuentra la minería, la industria, la acumulación salina, erosión eólica y erosión hídrica (2). Los efectos negativos de la contaminación se manifiestan a través del contacto directo con el suelo contaminado, por el aire, previa evaporación de los contaminantes, por arrastre hacia las aguas superficiales o por percolación con acuíferos subterráneos (3).

El uso de macro invertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha ido generalizando alrededor del mundo. En Ecuador, el uso de este método se ha incrementado en forma exponencial en los últimos diez 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).

Estos organismos son un componente importante de la diversidad de la corriente, porque sus miembros son un vínculo integral entre los diferentes tipos de hábitats de las corrientes. Estos pueden proporcionar una herramienta útil para medir la calidad del hábitat y cualquier alteración ambiental. Se consideran como uno de los factores más importantes del ecosistema acuático en la determinación de la biodiversidad acuática (5).

La acción antropogénica en los paisajes constituye la principal amenaza de la integridad ecológica de la microcuenca del río Quevedo, pues estas impactan de manera directa o indirecta en el hábitat, la calidad del agua y la biota, esto a través de diferentes rutas. A medida que se incrementan los trabajos en el uso del suelo, se hace indispensable determinar la forma en que éstas influyen en la estructura y función de los medios acuáticos (6).

Tomando como punto de partida la información mencionada se hace énfasis en estudiar la calidad del agua en la cuenca baja del río Quevedo, en los esteros Sábalo y Mocache puesto que es una zona que se encuentra en constante cambio como resultado del crecimiento urbanístico, tala masiva de árboles, cambios en la cobertura vegetal y otras actividades agropecuarias (7). Por estas y otras actividades existentes se presentan cambios consecuentes en las características hidromorfológicas del río llevándolo a estar sometido a constante variación.

En el estudio realizado se aplicaron metodologías y herramientas de bajo costo que permitieron tener mayor accesibilidad a la evaluación del cuerpo hídrico, para ello se utilizó los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua de la microcuenca del río Quevedo, se empleó el Índice Biótico BMWP-CR. Además de la aplicación de los índices de Calidad del Bosque de ribera (QBR) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF).

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La calidad de agua en el mundo está disminuyendo, fundamentalmente por el creciente aumento de la población, la rápida urbanización y la introducción de nuevos agentes patógenos, de nuevos productos industriales - químicos, y la falta de procesamiento tecnológico al tratamiento del agua para fines de uso doméstico (8).

Desde tiempos remotos los servicios que brinda la cuenca baja del río Quevedo, constantemente son ignorados por la sociedad que la habita, de manera que estos servicios enfrentan amenazas significativas y en muchos casos solamente se advierte de la importancia de los servicios ecosistémico que brinda la cuenca hidrográfica cuando los mismos están en serio peligro de extinción o ya han desaparecido (9). Es por ello que en esta ocasión se evalúa la calidad del agua que posee el cuerpo hídrico, con la finalidad de conocer el estado en que actualmente se encuentra.

Diagnóstico

La microcuenca del río Quevedo presenta diferentes grados de perturbación a lo largo de su extensión territorial, puesto que los cambios que se producen en los usos del suelo a lo largo del tiempo provocan afectaciones a la calidad del agua, induciendo de esta manera a las comunidades que anteriormente hacían uso del recurso hídrico para actividades agrícolas, uso doméstico, u otros, tengan que buscar nuevos cuerpos de agua u otras maneras de adquirir el líquido con características de mejor calidad. Además de ello se va perdiendo abundancia y diversidad en los microorganismos que se encuentran en los cuerpos de agua.

Pronostico

Ante la incorrecta aplicación de las leyes que protegen los recursos hídricos, así como la falta de tecnología innovadora, programas educativos en materia del cuidado del agua, ausencia de compromiso de iniciativa privada, el inadecuado uso de suelo, desprotección de las riberas y la carencia de material y substrato en el lecho de la microcuenca del río Quevedo, se está promoviendo no solo a la degradación en la calidad del agua sino también en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, que son importantes en la degradación de la materia orgánica (MO) y ciclado de sus elementos (10).

1.1.2. Formulación del problema

¿Puede influir el uso de suelo en la calidad del agua y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca baja del río Quevedo?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué efecto tiene el uso del suelo en la calidad del agua empleando el índice BMWP-Cr y que relación guarda con los parámetros fisicoquímicos?

¿Cómo es la distribución de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos referentes a la composición, abundancia, diversidad, y riqueza en los esteros Sábalo y Mocache?

¿Cuál es el estado de la vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo mediante el empleo del índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad del bosque de ribera (QBR)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la estructura y composición de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad hídrica y su relación con los usos del suelo en la microcuenca baja del río Quevedo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, referentes a la composición, abundancia, diversidad, y riqueza en los esteros Sábalo y Mocache.
- Examinar el estado de la vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo empleando el Índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad del bosque de ribera (QBR).
- Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua aplicando el Índice BMWP-CR y parámetros fisicoquímicos.

1.3. Justificación

Actualmente es cada vez más notoria la existencia de una grave crisis en relación a los recursos naturales, uno de ellos es la escasez de agua una grave problemática, puesto que la calidad del recurso hídrico ha sido afectada de tal manera que llega a limitar el uso para consumo humano, riego, y para otras querencias; esto se debe a cambios en regímenes de precipitación, escurrimientos, a la degradación de los suelos por el mal manejo de la tierra y a la pérdida de los bosques (11).

La Microcuenca del río Quevedo, específicamente los esteros de Sábalo y Mocache se ven afectados por actividades de carácter agrícola, industrial, e incluso por actividades dentro del área urbana. En determinadas extensiones que recorre el cuerpo hídrico se puede apreciar a simple vista el desgaste excedido que se le ha dado a estos, con mayor influencia se destacan el área agrícola e industrial, puesto que en el desarrollo de estas actividades antropogénicas resultan residuos que las partes desarrolladoras de las actividades desechan en áreas cercanas a los cauces de ríos o esteros y es allí donde se producen afectaciones tanto de manera directa e indirecta, llegando de esta manera a perjudicar la calidad de vida de los cuerpos de agua y de la comunidad que hace uso de estos.

Es fundamental disponer de datos e información sobre el estado ecológico y tendencias en la calidad de los recursos hídricos de la zona, para efectuar una acertada gestión del agua y un eficaz suministro hacia los diferentes sectores demandantes del recurso, así como también, generar este tipo de información es importante para definir acciones/estrategias a seguir en miras del uso sostenible del recurso (5).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Cuenca Hidrográfica

La cuenca es el espacio del territorio en el cual naturalmente circulan todas las aguas (provenientes de precipitaciones, deshielos, acuíferos, etc. que discurren por cursos superficiales o ríos) hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente suelen ser cursos importantes como un río, lago u océano). El ámbito de la cuenca hidrográfica es un espacio territorial natural independiente de las fronteras político-administrativas internas de un país o de fronteras internacionales (12).

2.1.2. 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 (13).

2.1.2.1. Principales fuentes de contaminación del agua

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales (también llamadas geoquímicas: el suelo) o artificiales (antropogénicas). Normalmente, en este medio, las fuentes naturales son muy dispersas y no provocan concentraciones altas, excepto en algunos lugares muy concretos. Sin embargo, la contaminación antropogénica se concentra en zonas concretas (industrias, ciudades, etc). Además, los contaminantes son mucho más peligrosos que los emitidos por las fuentes naturales (14).

2.1.3. Ecosistema fluvial

Los ecosistemas fluviales son sistemas abiertos expuestos a una entrada continua de materiales particulados y disueltos procedentes de la cuenca de drenaje. Parte de este material es procesado por los organismos. Estos ecosistemas se caracterizan por su elevada capacidad de transformar y retener nutrientes (15).

2.1.4. Calidad del agua

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo de la vida en el planeta. La calidad depende de las diferentes características físico-químicas y biológicas que presente. Los requerimientos de una buena calidad dependen en gran medida del uso al que

este destinado; es así que el agua para consumo humano no tiene los mismos requerimientos que el agua destinada para uso agrícola como es el riego (16).

2.1.5. Parámetros físicos

Los parámetros físicos del agua son aquellos que responden a los sentidos del tacto, olor y sabor. Los más utilizados son: sólidos suspendidos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura (17).

2.1.5.1. Turbiedad

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de filtrar y decantar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua (18).

2.1.5.2. Temperatura

La temperatura es un parámetro muy importante en la vida del cuerpo de agua, puesto que la existencia de la biota depende directamente de la temperatura. La temperatura tiene efectos directos o indirectos sobre la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en el agua (17).

2.1.5.3. Conductividad eléctrica

Evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra principalmente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (19).

2.1.6. Parámetros químicos

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua, por lo que no resultan tan fáciles de determinar como los parámetros físicos. Los parámetros químicos más importantes para determinar la calidad del agua son: Total de sólidos disueltos, alcalinidad, dureza, metales, sustancias orgánicas y nutrientes (17).

2.1.6.1. Sólidos disueltos

Se denomina los sólidos disueltos totales, como la sumatoria de minerales, sales, cationes, y aniones disueltos en el agua. Estos sólidos en general son menores a 0.5 mm por ende tienen la capacidad de pasar el papel filtro (20).

2.1.6.2. Dureza

La dureza, debida a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo (18).

2.1.6.3. pH

Es la medida de la acidez o alcalinidad relativas del agua. El agua cuyo pH es 7 es neutra; un nivel de pH más bajo indica un aumento de la acidez, en tanto un pH superior a 7 indica una solución básica (19).

2.1.6.4. Oxígeno Disuelto (DO)

Es la cantidad de gas de oxígeno disuelto en una cantidad dada de agua a una temperatura y una presión atmosférica dadas. Generalmente se expresa como concentración en partes por millón o como porcentaje de saturación (19).

2.1.7. Permutación

Una ordenación de un conjunto de n objetos es una permutación de los mismos. Una ordenación de r de estos objetos ($r * n$) es una permutación de los n objetos tomados r a la vez (o una r permutación). El número de permutaciones de n objetos tomados r a la vez se denota por nPr o $P(n, r)$ (21).

2.1.8. Biomonitorio

Un sistema de biomonitorio pretende diagnosticar el estado de un ecosistema acuático (río, lago, humedal, estuario, etc.) desde un punto de vista integral, usando los organismos que los habitan como principales indicadores de su salud (22).

Las comunidades biológicas que habitan los sistemas acuáticos reflejan las condiciones ambientales que se han mantenido en su pasado más reciente, por lo que, mediante su análisis, es posible conocer los efectos que los cambios generados por el hombre tienen sobre los organismos, siendo, en este aspecto, mejores indicadores que los parámetros fisicoquímicos (22).

2.1.9. Índices Bióticos

Los índices bióticos son ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, en especial de los ríos. Estos índices asocian a los taxa presentes (familia, género, especie) con un valor numérico según su nivel de tolerancia. Este valor, a su vez es utilizado en conjunto con la riqueza taxonómica (índices cualitativos) o en combinación con las abundancias relativas (índices cuantitativos) para llegar a un valor final del índice (5).

2.1.10. Índice BMWP-CR

Este índice se basa únicamente en la presencia de familias y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia (5).

2.1.11. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son microorganismos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas. Además, los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado, son parte importante en la alimentación de los peces (5).

2.1.11.1. Ventajas del uso de los macroinvertebrados acuáticos

Entre los atributos que poseen los macroinvertebrados para la bioindicación acuática, se mencionan los siguientes:

- La amplia distribución que poseen, tanto a nivel geográfico, como a la variedad de ambientes que habitan.
- Su gran diversidad taxonómica, la cual resulta en un amplio rango de respuestas ante las perturbaciones o la contaminación.

- Su carácter relativamente sedentario, el cual facilita un análisis espacial de la contaminación.
- Sus ciclos de vida relativamente largos, que permiten observar los efectos de la contaminación a lo largo del tiempo, y;
- Los métodos de muestreo son sencillos y de bajo costo (23).

2.1.12. Índice de diversidad

Para la evaluación de la diversidad se hace énfasis en los cambios de la riqueza y abundancia de especies como una forma de determinación de los impactos ambientales sobre las comunidades lóaticas. El uso de la diversidad para establecer el grado de deterioro del agua, establece que la complejidad incrementa dependiendo de la estabilidad de una comunidad (7).

2.1.13. Índice de hábitat fluvial (IHF)

El IHF valora aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente, como son la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión del sustrato y sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos (24).

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

El índice QBR evalúa la calidad de la ribera, con cuatro parámetros o apartados biológicos y físicos del cauce, cada uno con un valor máximo de 25 puntos, para un puntaje máximo final de 100. Los parámetros son: el grado de cobertura de la ribera, la estructura de la cobertura, la calidad de la cobertura y el grado de naturalidad del canal fluvial (25).

El resultado de la suma total de los apartados permite conocer la calidad de la ribera según los siguientes rangos: muy buena (≥ 95 puntos), buena (71-94 puntos), regular (51-70 puntos), mala (26-50 puntos) y muy mala (≤ 25 puntos) (25).

2.2. Marco referencial

Guerrero (2016) en su investigación desarrollada en el Cantón Pangua, con el tema de *“Evaluación del uso de suelo y su influencia actual en la calidad del agua de la microcuenca*

el Sapanal”, con 12 puntos de muestreo establecidos en zonas cubiertas con cultivos agrícolas, bosque y pastizal, y con una colecta total de total 8224 individuos distribuidos en 32 familias y 10 órdenes siendo las familias más representativas en función al total del número de individuos dentro de los diferentes usos de suelo *Hydropsychidae* con 1388 individuos seguido de *Elmidae* con 1085 y *Leptoceridae* con 865 individuos respectivamente y en los últimos lugares las familias que registraron menor número de individuos fueron *Pyralidae* con 17 y *Stratiomyidae* con 23 individuos. Además de la aplicación del índice *Biological Monitoring Working Party* modificado para Costa Rica (BMWP-Cr), determinó que el uso de suelo perteneciente a áreas de bosque posee aguas de calidad excelente, mientras que los usos de suelo agrícola y pastizal reflejaron aguas con calidad regular (26).

Pillasagua (2018) en su investigación titulada “*Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en usos de suelo bosque, urbano y agrícola en el río San Pablo, Cantón la Maná, Ecuador*”. Con el fin de evaluar la calidad del agua del río San Pablo, estableció 9 puntos de muestreo. Usando la aplicación del índice biológico BMWP-Cr, determinó que la calidad del agua que predomina en el río San Pablo es de mala calidad o contaminada. El índice de dominancia de Simpson indicó que en los tres usos de suelo existe una dominancia de especies bajas con valores que oscilan entre 0,5 y 0,8; mientras que el índice de diversidad de Shannon señala que la zona de bosque cuenta con una biodiversidad mayor en comparación a las otras zonas con un puntaje de 2,28 y finalmente el índice de Margalef revela que la zona de bosque alcanza un puntaje de 3,21 lo que señala que esta zona presenta una riqueza moderada de especies de macroinvertebrados acuáticos (7).

En un estudio realizado por Toro (2018) denominado “*Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Quevedo, Ecuador*”. Estableció puntos de muestra en zonas de mina, bosque y palma africana, obteniendo como resultado que en la aplicabilidad de IHF Y QBR la zona de bosque fue la de mejor calidad mostrándose como moderada. El muestreo se realizó durante tres meses, con un total de 81 muestras tomadas en época lluviosa; los resultados biológicos reflejaron un total de 1895 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias, se obtuvieron 51 géneros siendo los más representativos *Vacuperinus* (Caenidae) 21.3%, *Geromorpha* (Gerridae) 17.2% , *Macrelmis* (Elmidae) 12.3% , *Camelobaetidius* (Baetidae) 10.5%, *Melanoides* (Thiaridae) 9.2% , *Corbicula* (Corbiculidae) 7.1% , *Macroptero* (Naucoridae)

4.4% en todo el muestreo, con una abundancia del 404, 326, 233, 199, 174, 134 y 83 respectivamente. Con la aplicabilidad del Índice BMWP-Cr demostró que todas las zonas estudiadas poseen una calidad de agua mala, presentando una menor contaminación la zona de bosque (10).

Guerrero et.al (2017) En la investigación *“Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador”* se valuó los efectos del cambio de uso de suelo en zonas cubiertas de pastizal, bosque secundario y cultivos agrícolas, basados en los estudios de los macroinvertebrados. Para esta investigación se utilizó el índice modificado para Costa Rica (BMWP-Cr). A través del cual se conoció que el uso de suelo del bosque posee aguas de calidad excelente, mientras que las de uso de suelo agrícola y pastizal reflejaron aguas de calidad regular. Además, se logró demostrar que la reducción de la franja ribereña favorece a la degradación del hábitat interior y a la calidad del agua de la microcuenca (27).

Farfán (2019) en su investigación titulada *“Uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua en el Lago de Chalco”* determinó que ninguno de los sitios de muestreo presento valores aceptables en relación a los parámetros de pH, oxígeno disuelto, potencial oxido/reducción y solidos disueltos totales, en ninguna época del año. Esto de acuerdo con la legislación nacional vigente. En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados se encuentra constituida por moluscos, anélidos, crustáceos e insectos. Fueron encontradas 21 morfo especies, de las cuales dos aportaban el 75% de abundancia total. En cuanto a riqueza se determinó que esta es mayor en invierno y menor en primavera, la abundancia es mayor en la segunda mitad de año y lo que refiere a la composición invierno se separa del resto, mientras que verano presenta valores intermedios entre otoño y primavera (28).

De acuerdo con Soto (2018) en su investigación que toma el nombre de *“Estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos de seis Lagos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México”*. Se interesó en comparar la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de seis lagos del Parque Nacional: Lagunas de Montebello, adicional a ello se midieron parámetros fisicoquímicos del agua como: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH. Las muestras para analizar los MIB fueron tomadas en el punto central y de mayor profundidad de cada lago. Los resultados obtenidos mostraron un reconocimiento de 1.134 individuos distribuidos en

cuatro phyla, siete clases, cinco órdenes y cinco familias. Los taxa más representativos fueron Chironomidae y Bivalvia, con porcentajes de 83% y 14% respectivamente. El aporte a la biomasa fue mayor por parte de Chironomidae y Hyallelidae con porcentajes de 52% y 38% de la biomasa total (29).

Según la investigación realizada por Aguirre (2017) la cual toma el nombre de *“Relación entre la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos y la cobertura vegetal ribereña de cuatro tributarios del río Oglan Pastaza – Ecuador”*. Para el desarrollo de la investigación se seleccionó dos estaciones de muestreo en función del porcentaje de cobertura vegetal. Además, se determinó el Índice de bosque de ribera mediante el QBR. En cada micro hábitat se realizó tres réplicas de colectas de macroinvertebrados. Se logró identificar un total de 1783 individuos distribuidos en 13 órdenes, 48 familias y 87 géneros. Lo que concierne a estructura se determinó que 16 géneros son compartidos por los cuatro tributarios, la calidad del agua para el área de estudio corresponde a aguas limpias y poco contaminadas. La calidad de QBR presenta valores significativos, dejando a notar que los puntos estudiados tienen un alto grado de conservación (30).

En la investigación titulada *“Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río Carrizal”*, el estudio fue realizado durante la época lluviosa (marzo- abril) y seca (julio - agosto) del año 2016. Se establecieron seis estaciones de muestreo, con un tramo de 100 metros de longitud tomándose cinco sub muestras. Se logró la captura de 1741 individuos pertenecientes a 33 familias y seis ordenes de la clase Insecta. Se obtuvo que la diversidad media calculada con el Índice Shannon-Weaver y comparada con el esquema Wilhm y Dorris la ubica en el rango 1-3 reflejando resultados de que la subcuenca presenta una contaminación moderada. Lo que respecta a los Índices EPT Y BMWP demuestran que tres estaciones reflejan calidad regular y las otras tres faltantes reflejan calidad buena. Lo que refiere a parámetros físicos se obtuvo como resultado que los valores están dentro de los límites aceptables según la legislación ecuatoriana, estos resultados fueron arrojados durante las dos épocas en que se realizó el monitoreo (31).

Según Jáuregui (2019) en su investigación titulada *“Determinación de la calidad del agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín”*, se caracterizaron las aguas del río Sendamal en tres distritos de Celendín, se establecieron nueve estaciones de monitoreo durante los meses de mayo y agosto del 2018,

se midieron parámetros tales como; oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH, dureza, nitritos, nitratos y temperatura. Se colectaron macroinvertebrados bentónicos con tres repeticiones por punto de monitoreo, obteniendo como resultado individuos pertenecientes a 3 clases, 10 órdenes y 30 familias. El índice EPT muestra como resultado que la calidad del agua del río se encuentra en moderadamente impactada, durante las dos épocas de monitoreo; el Índice BMWP-CI arroja como resultado aguas de calidad aceptable en época seca y de dudosa calidad en época lluviosa (32).

En la investigación realizada por Mora (2018) en la cual se hizo *uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua del río Salima* realizada en Atacames, Ecuador. Fueron escogidas tres estaciones de muestreo zona alta, media y baja de la microcuenca, las muestras de macroinvertebrados fueron realizando seis arrastres de un minuto en todos los puntos de muestreo. Además, se midieron parámetros físicos químicos in situ y en laboratorio. Se contabilizaron 12753 individuos, dentro de 12 órdenes y 38 familias siendo las familias Leptohyphidae, Baetidae y Thiaridae las más abundantes. A través del índice BMWP-Col tiene una calidad entre “buena” a “muy buena” representando aguas limpias y muy limpias. También se evidencio que la zona alta y media presentan la mejor calidad de agua, y están influenciadas por la mayor concentración de oxígeno disuelto y un pH más básico lo que permite la presencia de familias sensibles de macroinvertebrados como son las familias Simulidae y Psephenidae con sensibilidades de 9 y 10 según el índice BMWP-Col (33).

CAPÍTULO III
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización

El área de estudio cubre la microcuenca del río Quevedo incluyendo la Parroquia Rural San Carlos (estero Sábalo) perteneciente a Quevedo y el Cantón Mocache (estero Mocache). Quevedo cuenta con una altitud de 75 msnm y una temperatura que varía de 20°C a 33°C(34). Mocache por su parte posee un clima subhúmedo- tropical, una temperatura que oscila entre 23°C a 33°C y cuenta con una altitud de 56 msnm (34).

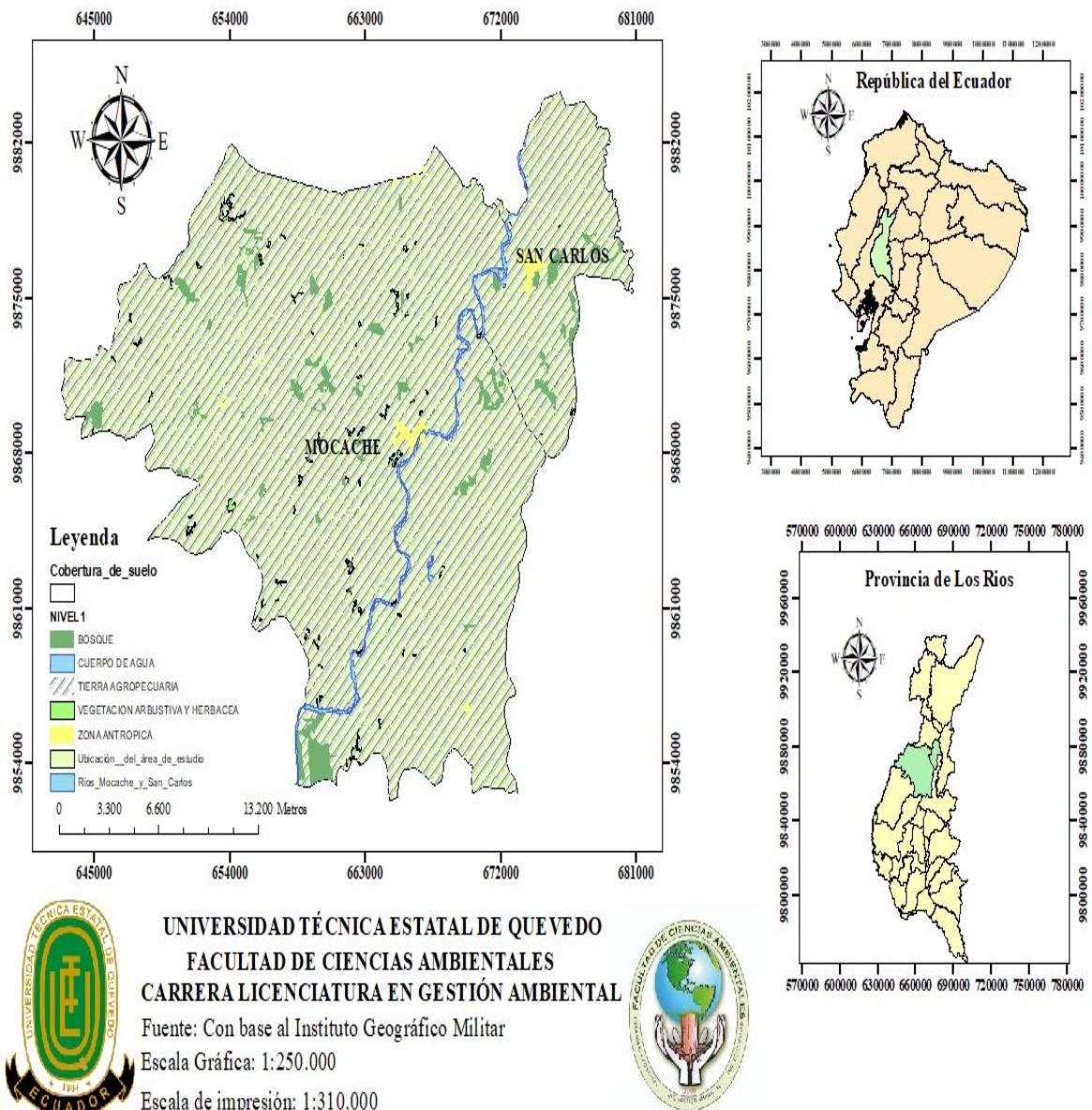


Ilustración 1. Localización de zonas influentes en el área de estudio.

Elaborado: Autora

3.1.1. Áreas de muestreo seleccionadas

Las áreas de muestreo seleccionadas están ligadas a usos de suelo de tipo agrícola, bosque y pastizal. Los puntos de muestreo seleccionados fueron identificados a través de la aplicación topográfica denominada Mobile Topographer Fre. En la Tabla 1 se detallan las coordenadas de los puntos de muestreo establecidos.

Tabla 1. Coordenadas en función del uso de suelo.

N.º Puntos de Muestreo	Uso de suelo	Coordenadas	
		Longitud (x)	Latitud (y)
1	Agrícola	669383.56	9873826.6
2	Agrícola	669183.41	9873626.63
3	Agrícola	668983.44	9873426.4
4	Bosque	668490.23	9868709.29
5	Bosque	668760.10	9868899.79
6	Bosque	668966.48	9869233.17
7	Pastizal	665146.73	9864552.25
8	Pastizal	664946.55	9864352.67
9	Pastizal	664746.13	9864152.35

Elaborado: Autora

Como se describe en la tabla 1, los datos tomados en cuenta en las zonas de muestreo, fueron aplicados a los diferentes usos de suelo. Es importante mencionar que el trabajo de investigación fue realizado durante los meses de diciembre del 2020 (época seca) hasta febrero del 2021 (época lluviosa), para ello se realizaron 3 visitas de campo distribuidas en una salida por mes.

A continuación, en la ilustración 2 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo establecidos dentro del área de estudio.

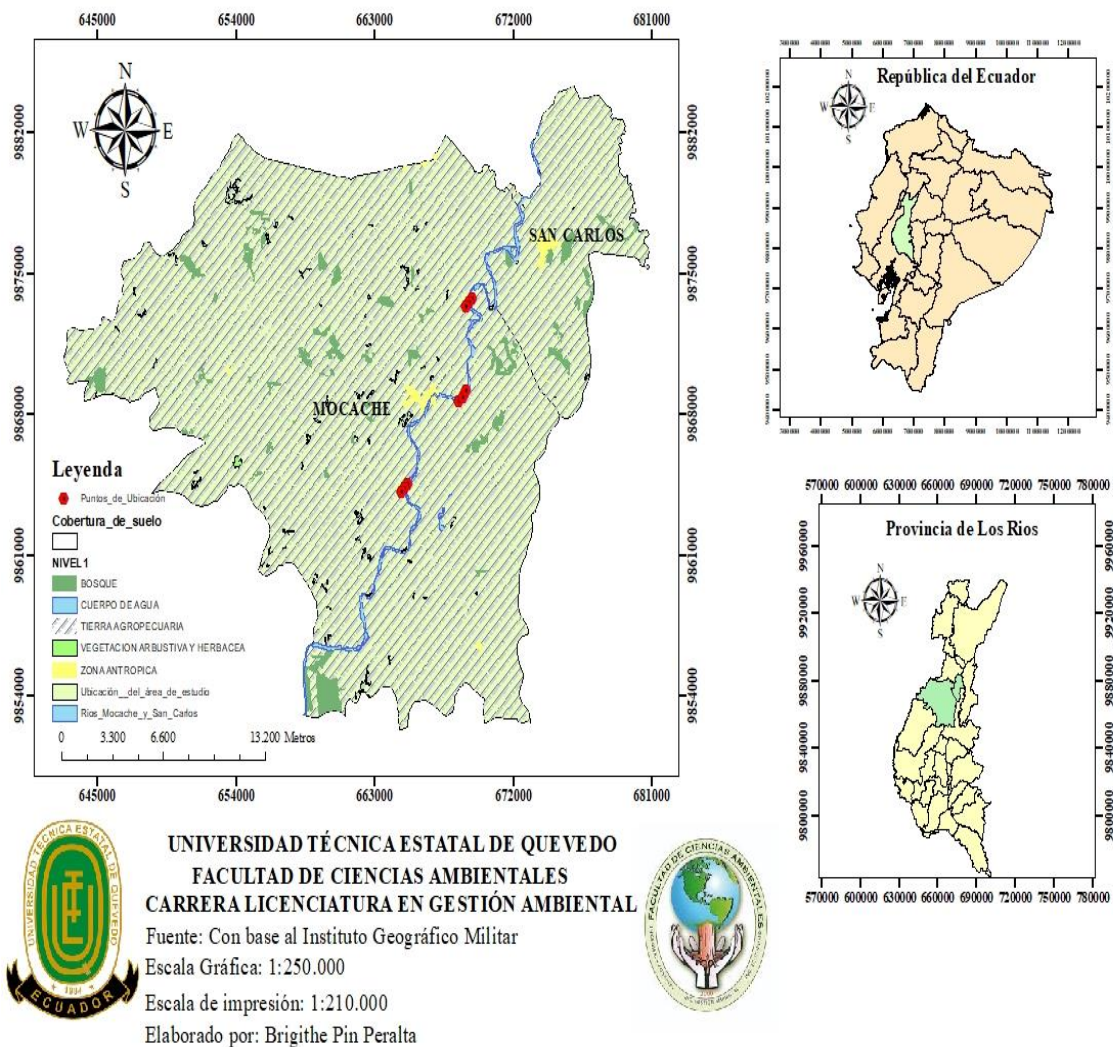


Ilustración 2. Ubicación de los puntos de muestreo en las zonas de estudio.

Elaborado: Autora

3.2. Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación es de tipo diagnóstico y exploratorio.

3.2.1. Diagnostico

Se evaluó la relación existente entre uso de suelo y macroinvertebrados acuáticos, con la finalidad de determinar la calidad de agua, para ello fue necesario hacer uso del Índice

BMWP-Cr. También se identificó la cobertura vegetal en las riberas y se aplicó los índices de calidad de bosque de ribera e índice de hábitat fluvial.

3.2.2. Exploratorio

3.2.2.1. Documental

Se revisó información bibliográfica que guarda relación con el tema de estudio, la información usada fue oportunamente seleccionada a partir de artículos científicos, revistas científicas, libros en materia ambiental y tesis de grado.

3.2.2.2. De campo

Se realizó visita de reconocimiento de lugar, donde se pudo observar de manera directa los cuerpos de agua y además se desarrollaron entrevistas con personas de las comunidades. Posterior a ello se realizaron toma de muestras requeridas en torno a macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos y IHF e QBR.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Método de Observación

A través del método de observación directa se logró identificar los usos de suelo de la zona de interés, además se logró establecer los puntos de muestreo de acuerdo a accesibilidades a los lugares en cuanto a características de los suelos y esteros.

3.3.2. Método Analítico

Con la aplicación de este método se logró establecer la relación existente entre cada uno de los factores de interés, para a partir de ello determinar la relación causa-efecto que ocasiona cada factor en la calidad del agua de los esteros en estudio.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes primarias

Entre las fuentes primarias constan; la observación directa, entrevistas con habitantes colindantes a la zona de estudio, toma de muestras de macroinvertebrados, índices de ribera y parámetros fisicoquímicos.

3.4.2. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias están conformadas por; artículos científicos, libros con relación al área ambiental, entre ellos el libro de macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología, protocolos de índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad de bosque de ribera (QBR), material didáctico con ilustraciones de las familias de indicadores más representativos de los ríos.

3.5. Diseño de la investigación.

La investigación realizada en la microcuenca del río Quevedo se desarrolló de manera no experimental, puesto que la información referente a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, parámetros fisicoquímicos y IHF e QBR son datos obtenidos de manera in situ en los lugares de estudio, además se estudió las variables referentes a los usos de suelo en cuanto a micro hábitats y sustratos.

A continuación, se detalla la metodología aplicada en cada uno de los objetivos específicos propuestos.

3.5.1. Determinar índices de diversidad de Shannon– Weaver (H'), dominancia a través del índice de Simpson ($I-D$), y riqueza de especies mediante el índice de Pielou (J').

En los usos de suelo establecidos como zona agrícola, pastizal y bosque, se definieron tres tramos, mismos que fueron monitoreados en las 3 salidas al campo en los meses mencionados con anterioridad. Dentro de cada tramo se tomaron en cuenta características de la zona ribereña, el tipo de sustrato, hábitat y macroinvertebrados acuáticos.

Para lograr determinar la diversidad de la comunidad de los macroinvertebrados se usaron los índices de la diversidad de Shannon –Weaver, Índice de Simpson e Índice de Pielou. Estos índices fueron aplicados en cada punto de muestreo y para ello se utilizó el programa estadístico PAST. A continuación, se muestran las fórmulas usadas para los índices aplicados:

Diversidad de Shannon- Weaver

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica. La diversidad máxima se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes. El valor del índice varía de 0,0 a 5,0 (35). A través de análisis estadístico en software de programa PAST

Fórmula:

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

Dónde:

Ni = 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.

(24).

Dominancia de Simpson

Determina la abundancia de las especies más comunes, su valor va de 0 a 1 (5).

Fórmula:

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

Dónde:

pi = Abundancia proporcional de la especie i.

(24).

Riqueza de Pielou (J')

Se usa para medir la proporción de la diversidad observada en cada estación con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (36).

Fórmula:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

Dónde:

H' max= ln (S) y **H'**= media logarítmica de la diversidad.

3.5.2. Examinar Índice de Calidad de Ribera (QBR) e Índice de hábitat fluvial (IHF).

La aplicación del índice de hábitat fluvial (IHF) utiliza siete bloques o apartados en los que se valora de manera independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial, entre ellos constan aspectos físicos del estero relacionados con la diversidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente, generalmente en este caso se usó el método visual, puesto que desarrollo un papel fundamental para el estudio del IHF (10).

Los apartados son: la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión y sedimentación en pozas, la diversidad y representación de sustratos (24).

Tabla 2. Niveles de calidad del IHF.

Índice IHF	Calidad	Color
100-90	Muy Buena	Azul
89-70	Buena	Verde
69-50	Moderada	Amarillo
49-30	Deficiente	Anaranjado
29-0	Mala	Rojo

Fuente: Toro (2018) (10).

Elaborado: Autora

En lo que respecta al índice de Bosque de ribera, se centra en aspectos fundamentales de la vegetación ribereña, los cuales se agrupan en cuatro apartados: el grado de cobertura de la ribera, la estructura de la cobertura, la calidad de la cobertura y el grado de naturalidad del canal fluvial (25). En cada uno de los apartados se evalúan características básicas a partir de las cuales pueden variar la puntuación (25 puntos máximo) si se llegan a presentar situaciones complementarias.

La técnica de muestreo consistió en que una vez escogido el tramo de muestreo se consideró toda la anchura potencial de la vegetación de ribera, es decir, hasta aquella zona inundable durante las crecidas de gran magnitud y se evalúan los distintos apartados del QBR en ambos márgenes del río (37).

Tabla 3. Niveles de calidad del QBR.

Calidad	Puntuación	Descripción de ribera	Color
Muy Buena	≥ 95	bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	Azul
Buena	71-94	bosque ligeramente perturbado, calidad buena	Verde
Intermedia	51-70	inicio de alteración importante, calidad intermedia	Amarillo
Mala	26-50	alteración fuerte, mala calidad	Anaranjado
Pésima	≤ 25	Degradación extrema, calidad pésima.	Rojo

Fuente: Araya & Fernández (2017) (25).

Elaborado: Autora

3.5.3. Evaluar los usos de suelo en relación con el Índice BMWP-Cr y parámetros físico químicos.

Para la toma de muestras de macroinvertebrados se utilizó la metodología presentada por Roldán (2003). Por lo que el objetivo del muestreo es recolectar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados acuáticos dentro de los multihabitat, los cuales incluyen zonas de vegetación sumergida, vegetación ribereña, lentos someros, rápidos someros, totalmente expuestos. Se utilizó una red tipo “D-net”, sumado a ello se realizó barridos cubriendo un área de 10 m a lo largo de las orillas. Luego se procesó el material recogido sobre un cedazo, el tiempo de colecta por punto de muestreo fue de 20 minutos aproximadamente (10).

Las muestras fueron separadas en campo evitando así muestras compuestas, reposaron en recipientes de plástico que fueron rotulados con información del punto de muestreo, fecha, hora, y área donde se encuentre (sea San Carlos o Mocache), además el recipiente conto con alcohol al 70%.

Posterior a ello en el laboratorio de Química y Bioquímica del Campus La María, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo se llevó a cabo la identificación taxonómica de los microorganismos a nivel de familia mediante las claves de Roldán - Pérez y Domínguez – Fernández (10). A partir de ello, la suma total de los puntajes de todas las familias encontradas durante las etapas de muestreo, permitió conocer la calidad del agua según las categorías o niveles establecidos en la tabla 4.

Tabla 4. Calidad de agua según el puntaje del Índice de BMWP-Cr

Nivel de calidad del agua	Índice BMWP-Cr	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, contaminada	36-60	Amarillo
De calidad mala, muy contaminada	35-16	Naranja
De calidad muy mala, extremadamente contaminada	<15	Rojo

Fuente: Pillasagua (2018) (7).

Elaborado: Autora

Los parámetros físico químicos evaluados en la investigación fueron; turbidez del agua (calcio y magnesio), dureza del agua, pH, conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos (TDS), oxígeno disuelto (DO) y temperatura. Para ello fue necesario usar equipos multiparamétricos que brindaron los resultados posteriores a ser desarrollada la salida de campo.

3.6. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos empleados en esta investigación fueron el índice biótico BMWP-Cr, la aplicación del índice permitió evaluar la calidad hídrica del río Quevedo, en los esteros Sábalo y Mocache, el Índice de hábitat fluvial (IHF) que evaluó las características que se

presentaban en el cauce fluvial, el Índice de calidad de bosque de ribera (QBR) permitió obtener información en tiempo real de las particularidades respecto de la vegetación ribereña. Además de la aplicación de los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Pielou que demostraron variedad en cuanto a macroinvertebrados en cada uno de los sitios evaluados.

3.7. Tratamiento de los datos.

Los datos tomados en campo, con resultado de puntuaciones en cuanto a índices de diversidad e índice BMWP –Cr fueron tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel posterior se realizó un análisis de similitudes no paramétricas (ANOSIM) y análisis Clúster con una permutación de 9999 permutaciones haciendo uso del Índice de Correlación de Bray- Curtis, con un margen de confianza del 95%. Para la evaluación de la estructura comunitaria de macroinvertebrados, se utilizó el programa estadístico PAST que permitió determinar la diversidad, dominancia y riqueza de géneros mediante el uso de los índices de Pielou (J'), de Shannon – Weaver y el de Simpson, desarrollados a través del ANOVA por Kruskall Wallis.

Para determinar la relación entre los macroinvertebrados acuáticos (presencia/ausencia) se desarrolló un Análisis de Redundancia, el mismo que permitió explicar la variabilidad entre los componentes mencionados. Posteriormente para el acompañamiento de los resultados estadísticos obtenidos, se utilizó la estadística descriptiva empleando el gráfico denominado de caja y bigote.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 5. Recursos humanos y materiales.

Recursos humanos		Ing. Norma Guerrero Chuez, Ing. Carlos Nieto, Ing. Juan Pablo Urdanigo.	
Recursos materiales			
De campo	De laboratorio	De oficina	
Botas	Alcohol al 70%	Computadora	
Cooler	Material didáctico ilustrativo (claves taxonómicas).	Impresora	
Machete	Estereoscopio	Hojas A4	
Teléfono con cámara	Bata	Pendrive	
Botellas de vidrio	Cajas Petri	Software de Microsoft	
Pinza		Software ArcGis 10.5	
Red tipo D Net			
Protocolos IHF, QBR			
Colador			
Portable Turbidity Meter (TB100)			
Ionómetro portátil YD300A			
Equipo multiparámetros			
Water Quality meter			

Elaborado: Autora

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, referentes a composición, abundancia, diversidad, y riqueza en los esteros Sábalo y Mocache.

4.1.1. Distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Quevedo. Resultados

Los resultados obtenidos en la microcuenca baja del río Quevedo, indicaron un total de 565 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 20 familias y 22 géneros. Siendo los géneros más representativos en función al porcentaje de individuos en los diferentes usos de suelo agrícola, bosque y pastizal; el género *Camelobaetidius* perteneciente a la familia Baetidae del orden Ephemeroptera con un 28%, seguido del género *Lumbricidae* perteneciente a la familia Oligochaeta del orden Annelida con un 17%, y el género *Leptohyphes* perteneciente a Leptohyphidae del orden Ephemeroptera con 8%, y entre los menos representativos con un 1% se encuentran los géneros *Tropisternus* de la familia Hydrophilidae, *Tricorythodes* de la familia Leptohyphidae, *Vacuperinus* de Caenidae, entre otros (Tabla 6).

Pillasagua (2018) en su investigación desarrollada en el río San Pablo, Cantón La Maná determino que los géneros de mayor representatividad fueron; *Leptohyphes* con 88 (10,9%) individuos y *Camelobaetidius* con 82 (10,2%) respectivamente(7). De la misma manera Yong (2015), determino en una investigación realizada en tres sitios de estudio ubicados en la Provincia de Los Ríos – Ecuador; que entre las familias más representativas se encontraron a Leptophlebiidae (88) y Leptohyphidae (68) ambos pertenecientes al orden Ephemeroptera (38).

La tabla 7 muestra los géneros más abundantes en los diferentes usos de suelos, los cuales fueron; *Camelobaetidius* con 14%, seguida de *Baetodes* con 9% ambas de la familia Baetidae, mientras que entre los géneros menos representativos con un 1% se destacaron: *Tricorythodes*, *Epigomphus*, *Belostoma* y *Spicipalpia*. Quiñonez (2015), señala que algunas especies de *Baetodes* y *Camelobaetidius* están entre los efímeros que pueden tolerar cierto grado de contaminación y alteración de su hábitat y localmente llegar a ser muy abundantes (39).

Arana et al., (2016) en un estudio que evalúa la calidad del agua de un río ecuatoriano andino, hace mención a que la familia mejor representada fue Elmidae (Coleoptera) con un 39,37% del total de organismos recolectados, seguida por Baetidae con un 7,53% (40).

Según Ramírez (2010), la mayor parte de las especies de gónfidos (*Epigomphus*) habitan en ríos y quebradas, aunque algunas lo hacen también en lagunas y pozos. Los adultos son estacionales y se encuentran solo unos meses al año, generalmente se entierran en el sustrato del fondo sea arena, sedimento u hojarasca (41). Esto guarda relación con los géneros menos representativos dentro de los diferentes usos de suelo.

En base a los puntos de monitoreo establecidos se determinó que el uso de suelo de bosque registra mayor cantidad de macroinvertebrados con un total de 267 (47,3%), mientras que en agrícola y pastizal se refleja igualdad de condiciones con un valor de 149 (26%) respectivamente. Siendo enero 2021 el mes que presentó mayor aporte de macroinvertebrados en bosque con 32%, pastizal con 20% y agrícola con 19%, mientras que el mes de menor aporte fue diciembre 2020. Guerrero et al., (2017) en una investigación desarrollada en la Microcuenca El Sapanal - Ecuador, indican que los puntos de monitoreo por mes y uso de suelo reflejan mayor cantidad de individuos para bosque (va desde 453 hasta 467), y los puntos que presentaron menor cantidad de individuos se concentraron en el uso de suelo agrícola (27).

Tabla 6. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo de la microcuenca baja del río Quevedo.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	PUNTOS DE MUESTREO																											TOTAL	%	
			ZONA AGRÍCOLA									ZONA BOSQUE									ZONA PASTIZAL											
			D			E			F			D			E			F			D			E			F					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
ANNELIDA	Oligochaeta	Lumbricidae	0	0	2	20	25	23	12	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	17		
	Naididae	Tubifex	0	0	0	5	10	8	1	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	6		
DIPTERA	Chironomidae	Pentaneura	1	0	1	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	1	0	16	3
COLEOPTERA	Elmidae	Macrelmis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2
	Gyrinidae	N.N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2
	Staphylinidae	Stenus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	Hidrophilidae	Tropisternus	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	Baetodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	1	1	2	0	0	0	4	9	2	2	2	1	59	10	
		Camelobaetidius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	45	5	15	19	8	9	0	2	0	15	10	15	6	3	3	157	28	
	Leptohyphidae	Leptohyphes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	0	0	0	0	0	0	15	12	0	5	0	0	0	46	8	
		Tricorythodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
	Caenidae	Vacuperinus	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1
SERIATA	Planariidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	1	0	0	1	0	9	2		
GASTROPODA	Thiaridae	Melanoides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1		
ODONATA	Libellulidae	Dythemis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2		
		Brechmorhoga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	10	0	0	0	7	0	0	0	1	4	0	0	0	2	39	7	
		Anisoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1		
	Coenagrionidae	Argia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	1		
	Gomphidae	Epigomphus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	1		
HEMIPTERA	Hydrometridae	Hydrometra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3		
	Belostomatidae	Belostoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1		
	Naucoridae	Limnocoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	12	2		
TRICHOPTERA	Hydroptilidae	Spicipalpia	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1		
	Hydropsychidae	Leptonema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	7	1		
TOTAL			2	0	3	29	41	36	13	9	16	10	12	5	123	39	17	27	14	20	0	5	0	46	46	21	15	7	9	565	100	

Elaborado: Autora

Tabla 7. Presencia / ausencia de macroinvertebrados bentónicos en los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal en la microcuenca baja del río Quevedo.

			PUNTOS DE MUESTREO																											TOTAL	%
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ZONA AGRÍCOLA									ZONA BOSQUE									ZONA PASTIZAL										
			D			E			F			D			E			F			D			E			F				
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
ANNELIDA	Oligochaeta	Lumbricidae			X	X	X	X	X	X	X																		7	6	
	Naididae	Tubifex				X	X	X	X	X	X																		6	5	
DIPTERA	Chironomidae	Pentaneura	X		X	X	X	X															X	X			X		8	7	
COLEOPTERA	Elmidae	Macrelmis	X									X	X		X	X		X											6	5	
	Gyrinidae	N.N													X	X		X		X									4	4	
	Staphylinidae	Stenus													X														1	1	
	Hidrophilidae	Tropisternus								X	X										X								3	3	
EPHEMEROPTERA	Baetidae	Baetodes													X			X	X	X				X	X	X	X	X	X	10	9
		Camelobaetidius											X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	15
	Leptohyphidae	Leptohyphes											X			X								X	X		X			5	5
		Tricorythodes											X																	1	1
	Caenidae	Vacuperinus					X	X					X	X	X															5	5
SERIATA	Planariidae																				X		X	X			X		4	4	
GASTROPODA	Thiaridae	Melanoides											X	X					X	X									4	4	
ODONATA	Libellulidae	Dythemis											X	X	X	X													4	4	
		Brechmorhoga													X	X				X			X	X				X		6	5
		Anisoptera											X	X	X															3	3
	Coenagrionidae	Argia																							X	X			2	2	
	Gomphidae	Epigomphus																							X				1	1	
HEMIPTERA	Hydrometrydae	Hydrometra													X	X	X	X	X	X									6	5	
	Belostomatidae	Belostoma																									X		1	1	
	Naucoridae	Limnocoris													X	X		X	X						X				5	5	
TRICHOPTERA	Hydroptilidae	Spicipalpia						X																					1	1	
	Hydropsychidae	Leptonema																						X			X		2	2	
TOTAL																											110	100			

Elaborado: Autora

Tabla 8. Distribución de los géneros de macroinvertebrados por sustrato y hábitat en el uso de suelo agrícola, bosque y pastizal en la microcuenca baja del río Quevedo.

AGRICOLA									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SUSTRATO	HÁBITAT	D	E	F	TOTAL	%
ANNELIDA	Oligochaeta	Lumbricidae	Hojarasca/ arena	Corrientes lénticas	2	68	27	97	65
	Naididae	Tubifex	Hojarasca/ arena	Corrientes lénticas	0	23	9	32	21
DIPTERA	Chironomidae	Pentaneura	Arena/Hojarasca	Corrientes lénticas	2	7	0	9	6
COLEOPTERA	Elmidae	Macrelmis	Arena/Hojarasca	Corrientes lénticas	1	0	0	1	1
	Hidrophilidae	Tropisternus	Arena/Hojarasca	Corrientes lénticas	0	0	2	2	1
EPHEMEROPTERA	Caenidae	Vacuperinus	Troncos /Hojarasca	Corrientes lénticas	0	4	0	4	3
TRICHOPTERA	Hydroptilidae	Spicipalpia	Fango	Corrientes lénticas	0	4	0	4	3
TOTAL					5	106	38	149	100
BOSQUE									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SUSTRATO	HÁBITAT	D	E	F	TOTAL	%
COLEOPTERA	Elmidae	Macrelmis	Limo /Hojarasca	lénticas / moderadas	2	6	2	10	4
	Gyrinidae	N.N	Limo /Hojarasca	lénticas / moderadas	0	8	2	10	4
	Staphylinidae	Stenus	Tronco /Hojarasca	lénticas / moderadas	0	2	0	2	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	Baetodes	Limo /Hojarasca	lénticas / moderadas	0	35	4	39	15
		Camelobaetidius	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	2	65	36	103	39
	Leptohyphidae	Leptohyphes	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	1	13	0	14	5
		Tricorythodes	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	3	0	0	3	1
	Caenidae	Vacuperinus	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	4	0	0	4	1
GASTROPODA	Thiaridae	Melanoides	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	3	0	3	6	2
ODONATA	Libellulidae	Dythemis	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	5	8	0	13	5
		Brechmorhoga	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	0	25	7	32	12
		Anisoptera	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	7	0	0	7	3
HEMIPTERA	Hydrometrydae	Hydrometra	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	0	11	4	15	6
	Naucoridae	Limnocois	Tronco/ Hojarasca	Corriente moderada	0	6	3	9	3
TOTAL					27	179	61	267	100
PASTIZAL									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SUSTRATO	HÁBITAT	D	E	F	TOTAL	%
DIPTERA	Chironomidae	Pentaneura	Hojarasca/Troncos	Corrientes moderadas	0	6	1	7	5
COLEOPTERA	Hidrophilidae	Tropisternus	Grava/ Hojarasca	Corrientes rápidas	1	0	0	1	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	Baetodes	Rocas/Hojarasca	Corrientes moderadas	0	15	5	20	13
		Camelobaetidius	Rocas/Hojarasca	Corrientes moderadas	2	40	12	54	36
	Leptohyphidae	Leptohyphes	Rocas/Hojarasca	Corrientes moderadas	0	27	5	32	21
SERIATA	Planariidae		Grava/ Hojarasca	Corrientes rápidas	2	6	1	9	6
ODONATA	Libellulidae	Brechmorhoga	Hojarasca/Troncos	Corrientes rápidas	0	5	2	7	5
	Coenagrionidae	Argia	Hojarasca	Corrientes rápidas	0	3	0	3	2
	Gomphidae	Epigomphus	Hojarasca	Corrientes rápidas	0	3	0	3	2
HEMIPTERA	Belostomatidae	Belostoma	Gravas	rápidas/moderadas	0	0	3	3	2
	Naucoridae	Limnocois	Rocas	rápidas/moderadas	0	3	0	3	2
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	Leptonema	Grava/Hojarasca	Corrientes rápidas	0	5	2	7	5
TOTAL					5	113	31	149	100
TOTAL GENERAL					37	398	130	565	

Elaborado: Autora

Nota: Diciembre, enero, febrero (D, E, F).

En la tabla 8 se detalla la información sobre la distribución de géneros de macroinvertebrados según sustrato y hábitat en los tres usos de suelo, donde se determinó que; la distribución de géneros de macroinvertebrados por sustrato y hábitat en el uso de suelo agrícola presentó sustrato de hojarasca, arena, troncos y fangos, acompañado de un hábitat de corrientes lenticas, el género representativo en agrícola fue Lumbricidae (Oligochaeta) con 65% respectivamente.

En base a Morelli & Verdi (2014), se destaca que en los cuerpos de agua con presencia de arena albergan pocas especies, debido a que son sustratos especializados en la inestabilidad de las corrientes de agua (42).

Lo que respecta a uso de suelo de bosque se reflejaron sustratos de hojarasca y troncos en gran magnitud, presentando un hábitat de corrientes lenticas y moderadas dentro del cuerpo de agua. El género representativo dentro de estas características fue Camelobaetidium (Baetidae) con un porcentaje del 39%. Se presentan resultados similares a los expuestos por Toro (2018), en una investigación desarrollada en el río Quevedo, Provincia de Los Ríos, donde indica que en el uso de suelo de bosque el sustrato estaba compuesto principalmente por hojarasca, en combinaciones con troncos y gravas (10).

El uso de suelo de pastizal presentó sustratos de hojarasca, troncos, grava y rocas, acompañadas de corrientes moderadas y rápidas a lo largo del cuerpo hídrico, al igual que en bosque el género representativo fue Camelobaetidium (Baetidae) con un porcentaje del 36% respectivamente.

Forero et al., (2016) mencionan que el orden Ephemeroptera, Baetidae es una de las familias más diversas y abundantes, con preferencia por sustratos específicos y alta sensibilidad a los procesos de degradación e impacto antropogénico, aspectos que permiten postularla como una familia excelente como bioindicadora (43).

4.1.2. Índices de diversidad

A continuación, se presentan los resultados estadísticos obtenidos con relación a los índices Shannon, Simpson y Pielou (Tabla 9).

Tabla 9. Índices de diversidad de Shannon- Weaver, dominancia de Simpson y riqueza de Pielou.

Uso de suelo	Shannon	Simpson	Pielou
Agrícola1	1,05	0,64	0,96
Agrícola2	1,04	0,53	0,64
Agrícola3	0,73	0,43	0,67
Bosque1	1,94	0,83	0,93
Bosque2	1,96	0,80	0,81
Bosque3	1,49	0,63	0,68
Pastizal1	0,59	0,27	0,43
Pastizal2	1,70	0,72	0,77
Pastizal3	1,46	0,70	0,81

Elaborado: Autora

4.1.2.1. Índice de Shannon

El índice de Shannon indica que el punto con mayor diversidad dentro de los usos de suelo estudiados fue bosque con (1,96) y por otro lado se tiene que en pastizal se reflejó (0,59) siendo este el valor más bajo dentro de los diferentes puntos establecidos. Estos resultados presentan similitud con los obtenidos por Toro(2018), donde indica que los valores máximos en cuanto a la diversidad de Shannon se obtuvieron en bosque (2,145) haciendo énfasis en que la comunidad presentada es equitativa (10).

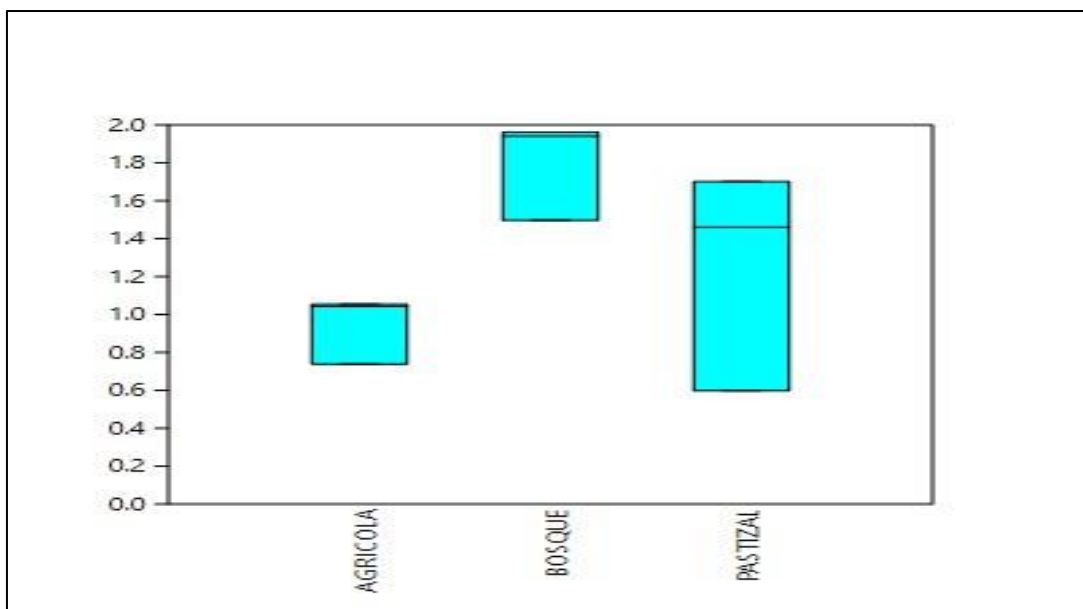


Gráfico 1. Resultados del Índice de diversidad Shannon en los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

En el gráfico 1 se observa que la diversidad en agrícola está comprendida entre (0, 73 y 1,05) respectivamente, en bosque los valores van desde (1,49 hasta 1,96) y en pastizal estos van desde (0,59 hasta 1,70). A partir de ello se puede confirmar la suposición de H (chi2): 4,622 y p: 0,009 donde se indica que no existe diferencia significativa en cuanto a la diversidad en los usos de suelo correspondientes a agrícola, bosque y pastizal. Yong (2015), en su investigación menciona que el valor máximo que reciben los ecosistemas acuáticos para las poblaciones de macroinvertebrados es de 4,5 y valores menores a 2,5 demuestran que el sistema está sometido a diversas tensiones (36).

4.1.2.2. Índice de Simpson

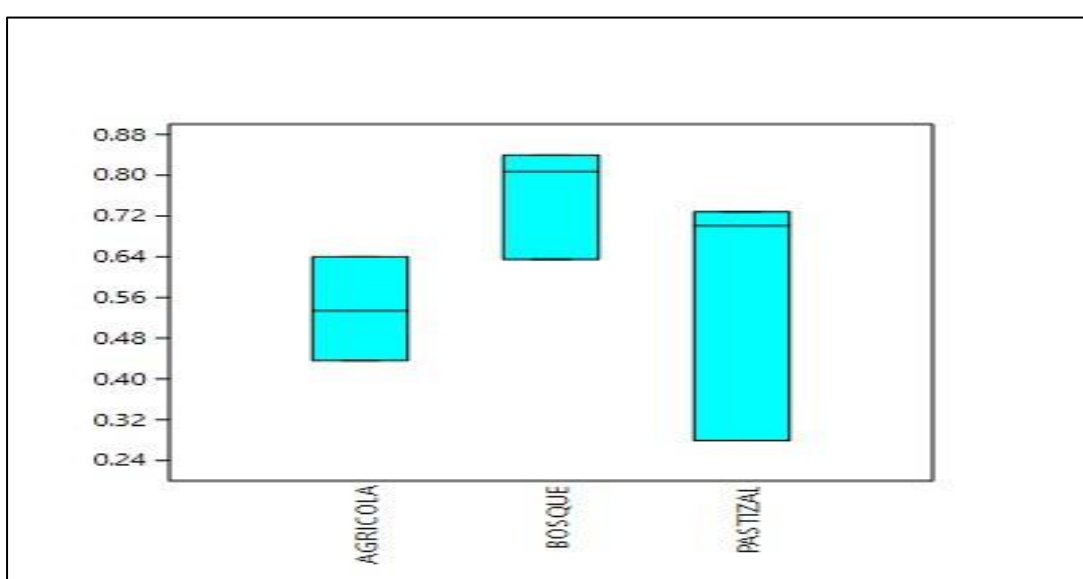


Gráfico 2. Resultados del Índice de dominancia de Simpson en los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

El índice de dominancia de Simpson indica en los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal se reflejaron valores comprendidos entre 0,27– 0,83.

En el área agrícola se determina una dominancia que va desde (0,64 hasta 0,53), en lo que corresponde a bosque se presentan valores comprendidos desde (0,63 hasta 0,83) y en pastizal los valores están en un rango de (0,27– 0, 72). Entendiéndose de esta manera que en pastizal se encuentra la dominancia más baja, mientras que bosque refleja una ligera superioridad sobre pastizal y agrícola con la dominancia más alta (0,83). Presentándose similitud con los resultados de Yong (2015), en su investigación referente al Bosque Natural (La Victoria) indicando que se refleja un grado de dominancia de 0,8 (38).

Las diferencias en las dominancias entre sitios de muestreo podrían estar influenciadas por las condiciones del ambiente acuático, cuando la comunidad de macroinvertebrados es afectada con un descenso de la diversidad de insectos acuáticos sensibles a causa de la abundante materia orgánica en descomposición, aumentando la dominancia de familias tolerantes con fuentes adicionales de alimentos (44).

4.1.2.3. Índice de Pielou

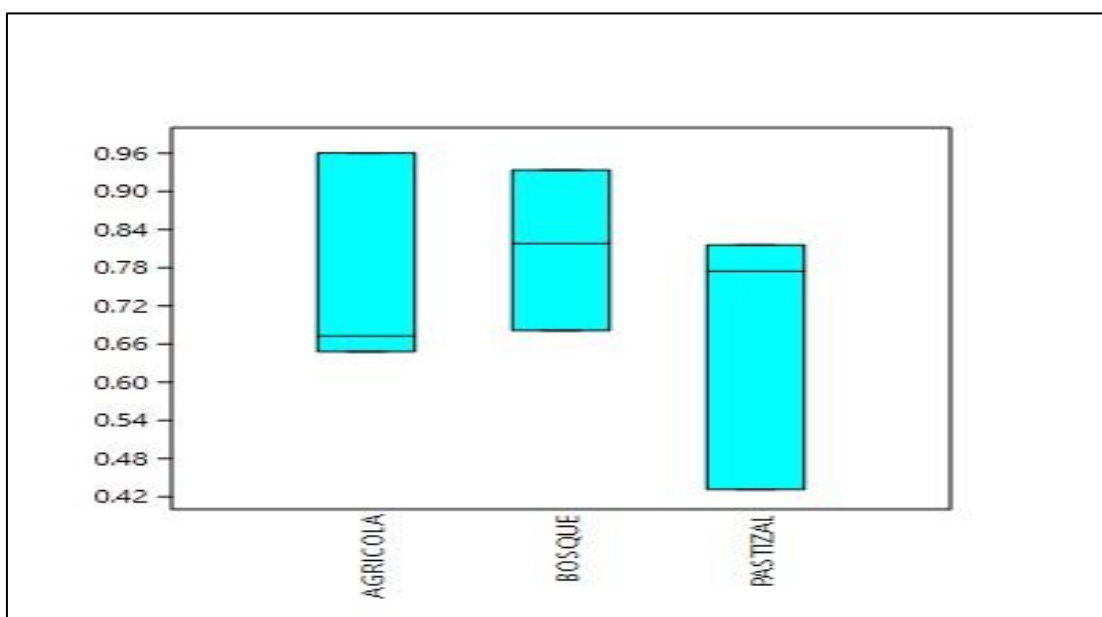


Gráfico 3. Resultados del Índice de riqueza de Pielou en los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

El índice de Pielou permitió identificar la riqueza de los macroinvertebrados en función a los usos de suelo, reflejándose que:

En el uso de suelo agrícola los valores de riqueza están entre (0,67 - 0,96) en lo que corresponde a bosque los valores van desde (0,68 hasta 0,93) y en pastizal los valores están comprendidos en un rango de (0,43 a 0,81). Entendiéndose que la riqueza más baja dentro de las áreas de estudio se refleja en pastizal y la más alta en agrícola. Armijo (2015), refleja resultados similares en su investigación, menciona que el índice de Pielou aplicado en zonas con distinta cobertura vegetal presentaron un valor de (0,8) en las quebradas la Victoria y el Congo (36). Iannacone et al., (2003) indica que Pielou en el primer muestreo alcanzo el valor mayor (0,89) y el menor valor (0,49) lo presento en el quinto muestreo temporal (45).

4.1.2.4. Índice de Similitud de Bray Curtis

Los resultados obtenidos en la aplicación del índice de similitud de Bray Curtis realizada con 9999 permutaciones, se muestran en la fig 6, donde se evidencia que la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos es representativa, es decir, es particular en cada área de muestreo.

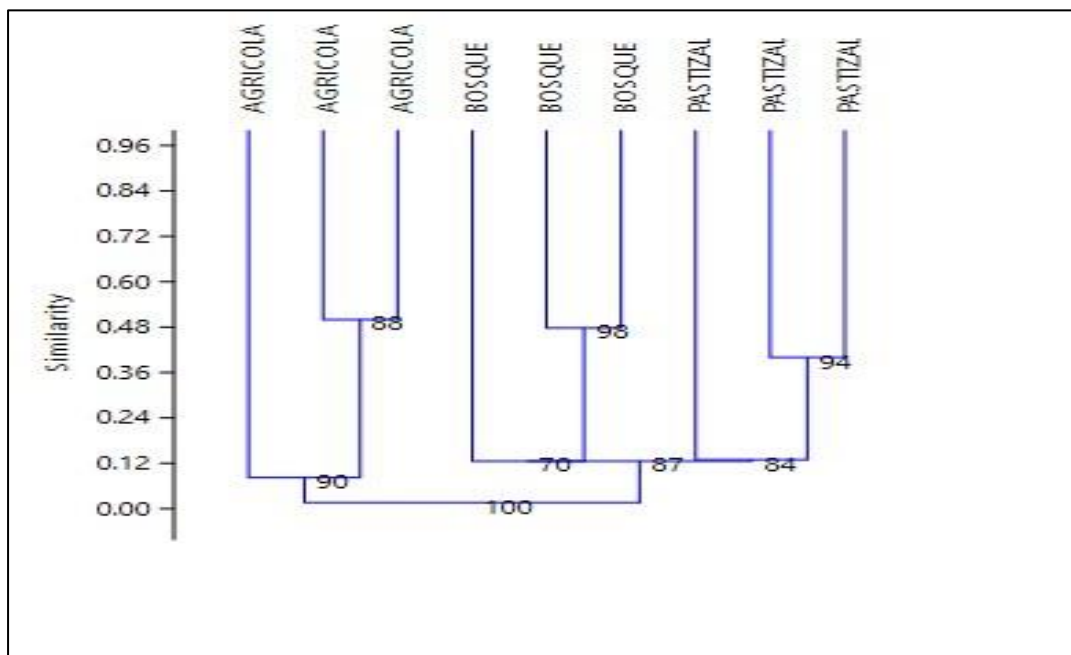


Gráfico 4. Resultados del análisis de similitud a través del Índice de Bray Curtis en los diferentes usos de suelo.

Elaborado: Autora

La similitud para los tres usos de suelo se encontró en (0,04) donde se reflejó el 100% de semejanza, en lo que respecta bosque y pastizal se encontraron en un mismo clúster en (0,14) presentando similitudes del 14% en composición y estructura, en tanto que el uso de suelo agrícola alcanzo un 90% de similitud en (0,09) posterior se produce una separación de agrícola 2 y 3 en un rango de similitud de (0,52). Barragán (2018), indica que a través del

índice de Jaccard, en el clúster dos usos de suelo (bosque y pastizal) presentaron semejanza de un 74% (24).

Probablemente las diferencias entre los usos de suelo estarían influenciadas por la contaminación del medio en la zona agrícola, favoreciendo de esta manera la llegada de descargas orgánicas o químicas al lecho del sitio de muestreo, afectando la comunidad acuática allí establecida (44).

4.1.2.5. ANOSIM

De acuerdo al modelo ANOSIM (Análisis de Similitudes) aplicado en los diferentes usos de suelo, se puede referir que el modelo tuvo un buen ajuste (0,017) con un valor coeficiente de correlación con la variable (género) de (0,68), comprobándose de esta manera que el modelo es significativo en un 67%.

En el gráf.5 se muestra el promedio entre los tres grupos estudiados, indicando que el valor fue de (21,56) y la media entre los tres grupos estudiados se encontró en un rango de (9,33). Siendo necesario mencionar que la permutación aplicada fue de 9999 permutaciones respectivamente.

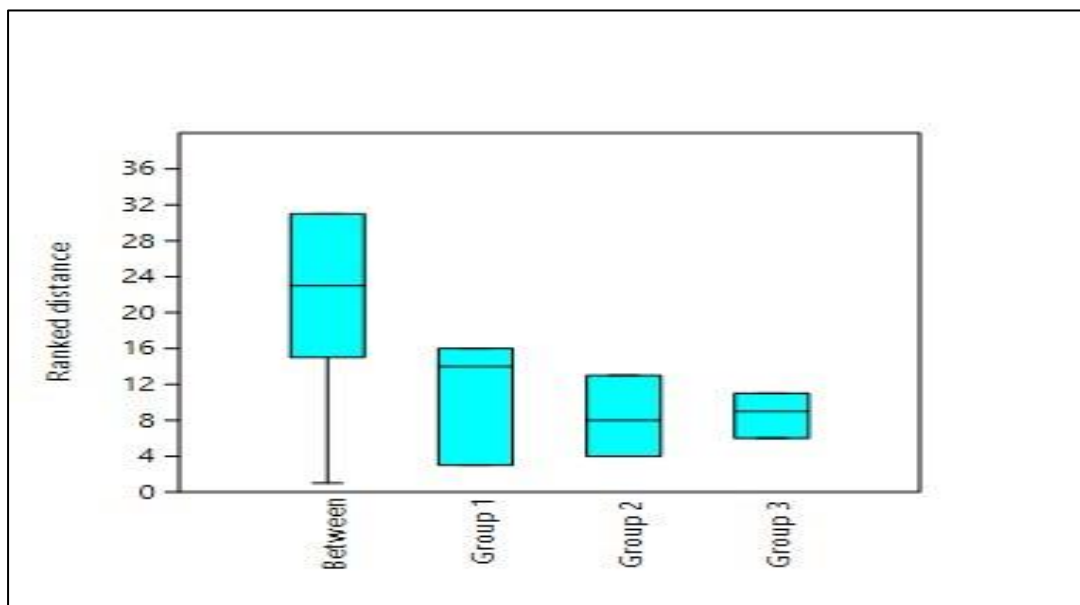


Gráfico 5. Resultados del Análisis de Similitud en los usos de suelo; agrícola, bosque y pastizal.

Elaborado: Autora

Nota: grupo 1: agrícola; grupo 2: bosque; grupo 3: pastizal.

4.2. Estado de vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo empleando el Índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de calidad del bosque de ribera (QBR).

4.2.1. Índice de Hábitat Fluvial.

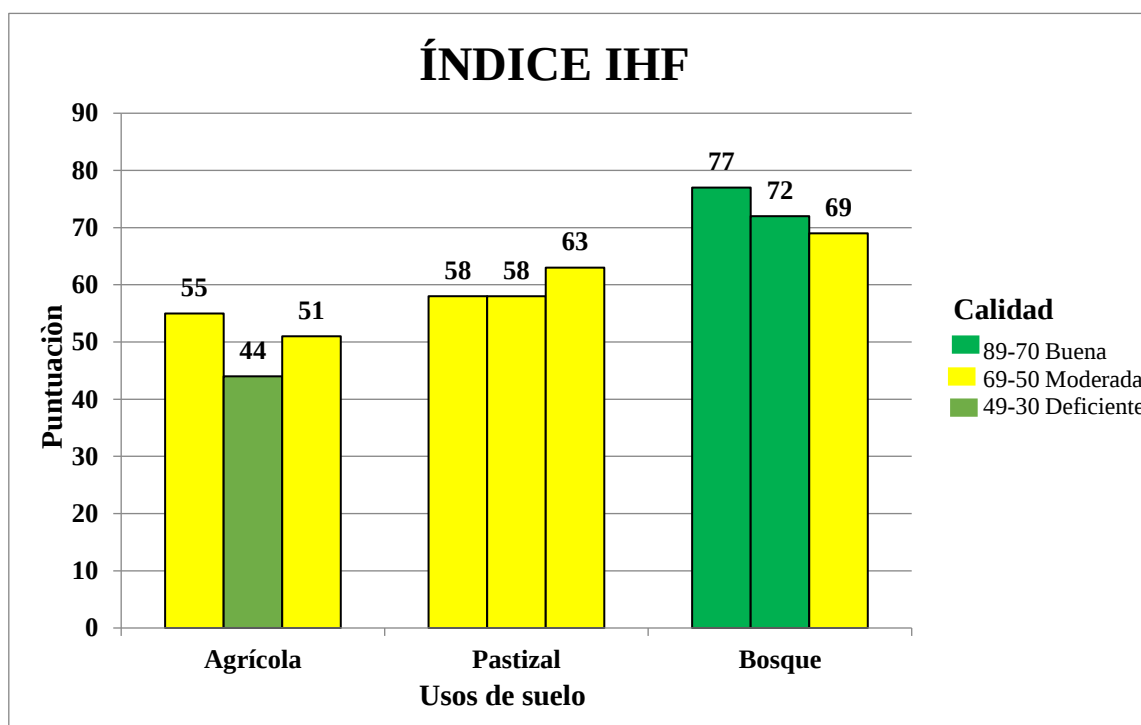


Gráfico 6. Resultados de Índice de Hábitat Fluvial en los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

En el gráf.6 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad del hábitat fluvial, adquiriendo como resultado que el uso de suelo de mejor calidad es el perteneciente a bosque, oscilando valores que van desde 69 que indica calidad *moderada* hasta 77 reflejando una calidad *buena* (72-77), seguida por el uso de suelo pastizal que indica calidad *moderada* (con valores que van de 58 a 63), y en el uso de suelo agrícola se presenta calidad *moderada* en el punto 1y3 (51-55) llegando a bajar hasta *deficiente* en el punto 2 (44).

De acuerdo con Galeano et al, (2017) valores del IHF por debajo de 40 indican serias limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de una comunidad bentónica diversa, mientras que valores superiores a 70 puntos indican que el hábitat fluvial es apto para albergar diversos ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos, peces y otros grupos que correspondan a la biota acuática (46).

4.2.2. Índice de Calidad del Bosque de Ribera.

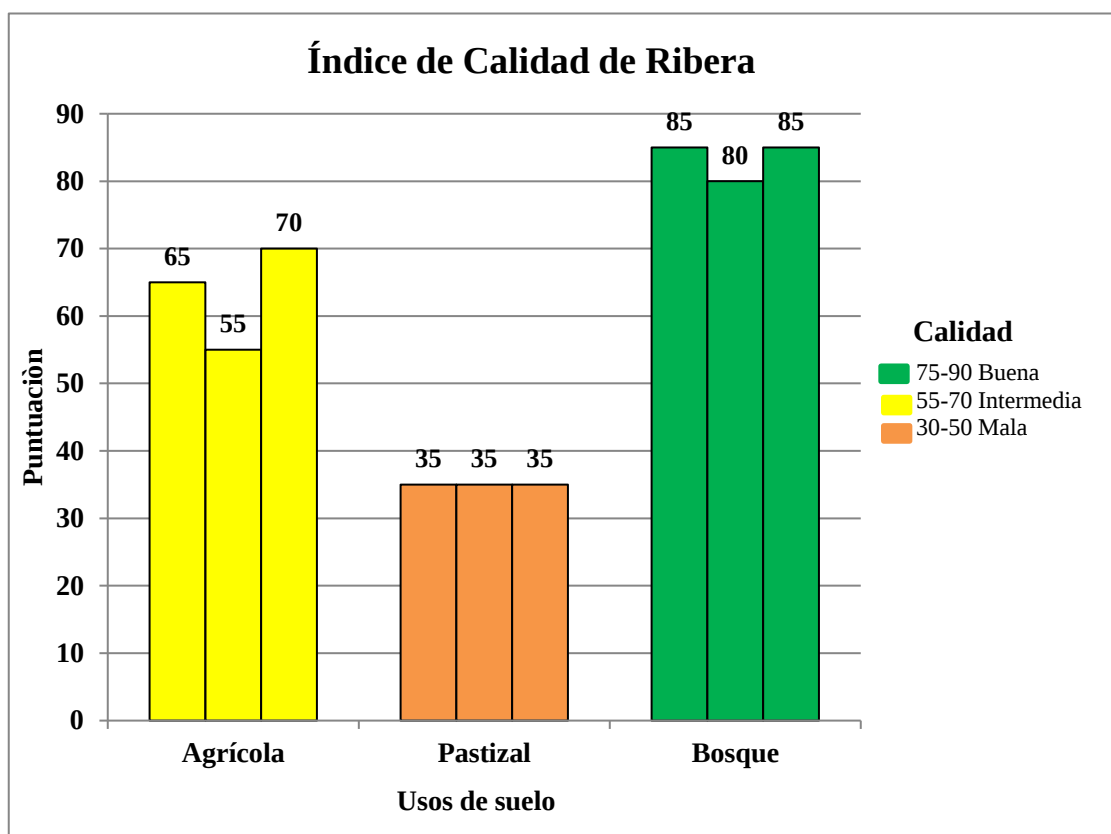


Gráfico 7. Resultados del Índice de Calidad de Bosque de Ribera en los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

En el gráf. 7 se observan los resultados de la aplicabilidad del índice de calidad del bosque de ribera, indicando que el uso de suelo destinado a bosque presenta calidad *buena* comprendida entre valores que van desde 80 a 85, el uso de suelo agrícola se encuentra en una calidad *intermedia*(55-65-70)que indica un inicio de una alteración importante, esto debido a las actividades antropogénicas que se desarrollan cerca al sitio de estudio, el área de pastizal refleja una calidad *mala*(35), misma que indica una alteración fuerte, y esto puede deberse a la constante actividad antrópica que se ve sometida el área por actividades de extracción de material pétreo(rocas, arena).

Martínez (2018), señala que, el menor puntaje obtenido fue de 35 puntos, perteneciente al punto uno del río Teaone y Atacames, demostrando un nivel de calidad deficiente y un bosque ribereño alterado fuertemente (47). En este sentido Galeano et al., (2017) indica que la calidad ecológica de los cuerpos de agua está influenciada por los bosques de ribera y los usos del suelo en actividades antropogénicas afectando de esta manera el sustrato y las variables fisicoquímicas (46).

4.3. Efecto de los usos de suelo sobre la calidad del agua utilizando el Índice BMWP-CR, y parámetros fisicoquímicos.

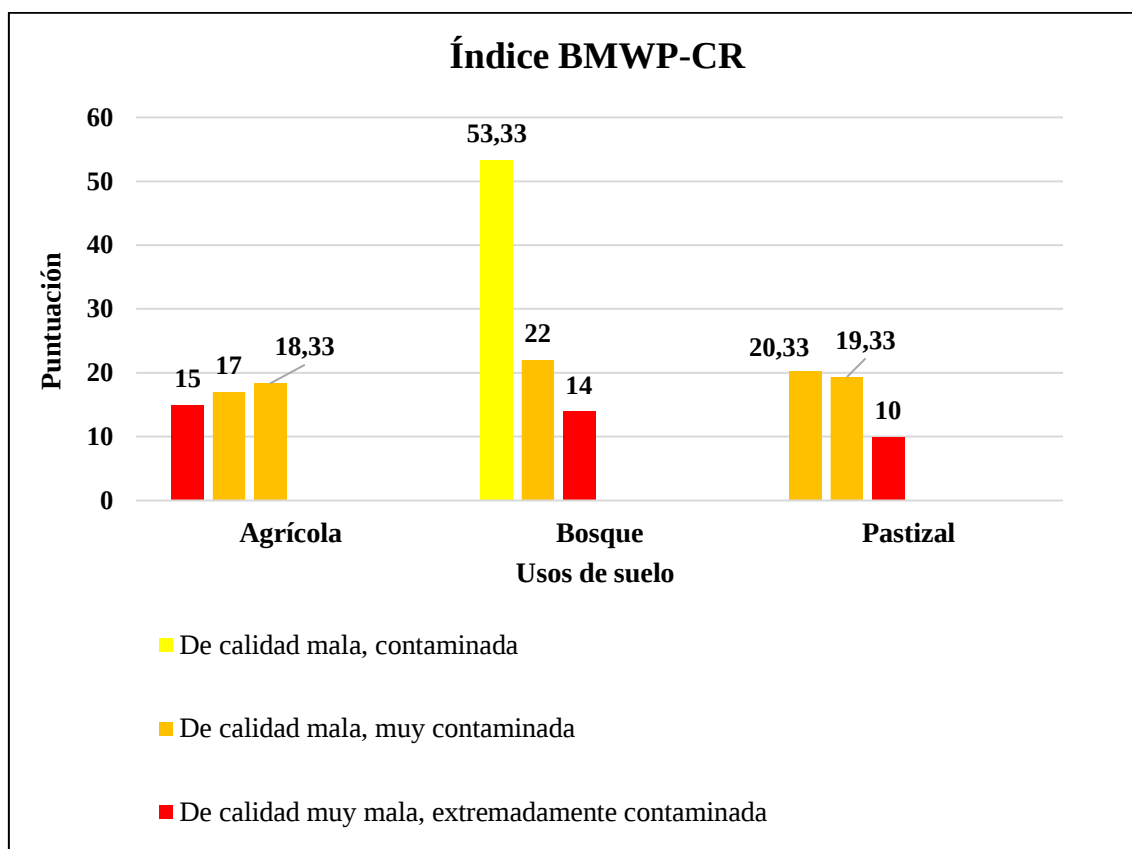


Gráfico 8. Resultados del Índice BMWP-CR aplicado a los tres usos de suelo.

Elaborado: Autora

Al evaluar la calidad del agua de la microcuenca baja del río Quevedo, en los esteros Sábalo (agrícola) y Mocache (bosque y pastizal), en los tres meses de estudio (diciembre, enero y febrero), se establecieron valores comprendidos entre (10 -53,33), que en términos de calidad van desde aguas de calidad muy mala, hasta calidad mala.

En el punto 1 correspondiente a agrícola se presentó un valor de (15) y en el punto 3 en bosque y pastizal se presentan valores de (14 y 10) respectivamente, siendo estos indicadores de aguas de *muy mala calidad, extremadamente contaminada*. En el punto 2 de usos de suelo agrícola (17), bosque (22) y pastizal (19,33) se presentaron valores que son indicadores de aguas de *calidad mala, muy contaminada*. Dentro de este grupo también se incluye el punto 1 de pastizal con un valor de (20,33). Presentándose similitudes con lo expuesto por Barragán (2018), en su investigación desarrollada en el río Quevedo, donde determino que en los tres usos de suelo (agrícola, bosque y pastizal) se registraron valores entre (5 y 38)

calificando la calidad del agua desde calidad mala, muy contaminada hasta extremadamente contaminada, indicando que por ello se refleja baja diversidad de especies en relación a los grados de tolerancia (24). En una valoración realizada en el río Palacagüina, Colombia por Rosales & Sanchez (2013), sugiere que el cuerpo de agua está contaminado en todo su trayecto y el nivel de contaminación se incrementa en la parte baja.

El punto 1 de bosque reflejó un valor de (53,33) indicando que en esa zona de muestreo el índice indicador corresponde a aguas de *calidad mala, contaminada*. Estos resultados guardan relación con la investigación realizada por Rodríguez et al., (2016) en el río Puyo, Ecuador, donde refleja que en el sitio tres de muestreo denominado la isla, se registró un valor mínimo de 33 puntos y un máximo de 60, lo que se interpreta como muy mala a mala en términos de calidad de agua, con un valor promedio de 42 interpretándose como mala, es decir contaminada (48).

WWAP, (2019) en su informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos menciona que; los problemas de calidad del agua persisten tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, e incluyen la pérdida de cuerpos de agua de calidad óptima, los impactos asociados con los cambios en la hidromorfología, el aumento de los contaminantes emergentes y la propagación de especies invasoras. Además de que la carga de nutrientes sigue siendo una de las formas más frecuentes de contaminación del agua y la mayoría de las emisiones de nutrientes se originan en la agricultura (49).

4.3.1. Parámetros Fisicoquímicos

De manera general, en todas las zonas de muestreo en los diferentes usos de suelo, la turbidez reflejó los valores más altos y bajos en la zona agrícola en el mes de enero (414,4 NTU) y en febrero (10,17 NTU). La dureza presentó su valor más alto en agrícola durante el mes de enero (22,6%) y el valor más bajo (4,4%) se presentó en agrícola y bosque (febrero). El pH es mayor en pastizal (enero) con un valor de (7,53) y menor en agrícola (febrero) con (6,31).

Hahn et al., (2006) menciona que el pH óptimo de las aguas está entre (6,5 - 8,5). Por lo que se puede evidenciar que el valor a lo largo de los sitios estudiados estuvo muy cercano al neutro (50).

La conductividad eléctrica más alta se presentó en agrícola (diciembre) con un valor de (345 uS/cm) y el valor más bajo se presentó en pastizal (febrero) con (56,1 uS/cm). Respecto de solidos totales disueltos el valor más alto fue de (173,0 ppm) en agrícola(diciembre) y el más bajo de (28,0) en pastizal (febrero); el oxígeno disuelto más alto fue en agrícola (febrero) con un valor de (10 mg/l), y el más bajo (0,5) en bosque(diciembre) y la temperatura más alta fue en pastizal con (28,9 ° C) y la más baja fue de (26,0 ° C) en agrícola (febrero). En la tabla 10 se muestra el Anova de los parámetros físico químicos, con promedio y el valor de p.

Tabla 10. Anova de los parámetros físico químicos.

Parámetros	Mean Square	P
T(NTU)	28438,4	0,1414
D	58,6212	0,2723
pH	0,161233	0,2958
CE	21245,8	0,06696
TDS	5376,03	0,06622
DO	3,21354	0,5374
T(°C)	0,1251	0,923

Elaborado: Autora

Ho= Los datos obtenidos en las áreas muestreadas/ con los géneros de macroinvertebrados no se encuentran relacionados de manera directa con los lugares / variables

Ha= Los datos obtenidos en las áreas muestreadas/ con los géneros de macroinvertebrados se encuentran relacionados de manera directa con los lugares / variables

En base al valor total de $p = 0,3290$ obtenido queda demostrado que este supera el nivel de significación $\alpha = 0,05$. Por lo que se acepta la H_0 = Los datos alcanzados en las áreas muestreadas con los géneros de macroinvertebrados no se encuentran relacionados de manera directa con los lugares / variables.

4.3.2. Análisis de Redundancia

Para el análisis de Redundancia se eliminaron aquellos géneros que no obtuvieron una frecuencia relativa mayor a 5%, posterior los datos de presencia fueron transformados mediante transformación Hellinger, además, para controlar la colinealidad de las variables fisicoquímicas se aplicó el Factor de la Inflación de la Varianza (VIF) cuyo valor no sobrepasa del 5% y el análisis StepForward. En el modelo final de RDA se comprobó la significancia del modelo con $p < 0.005$.

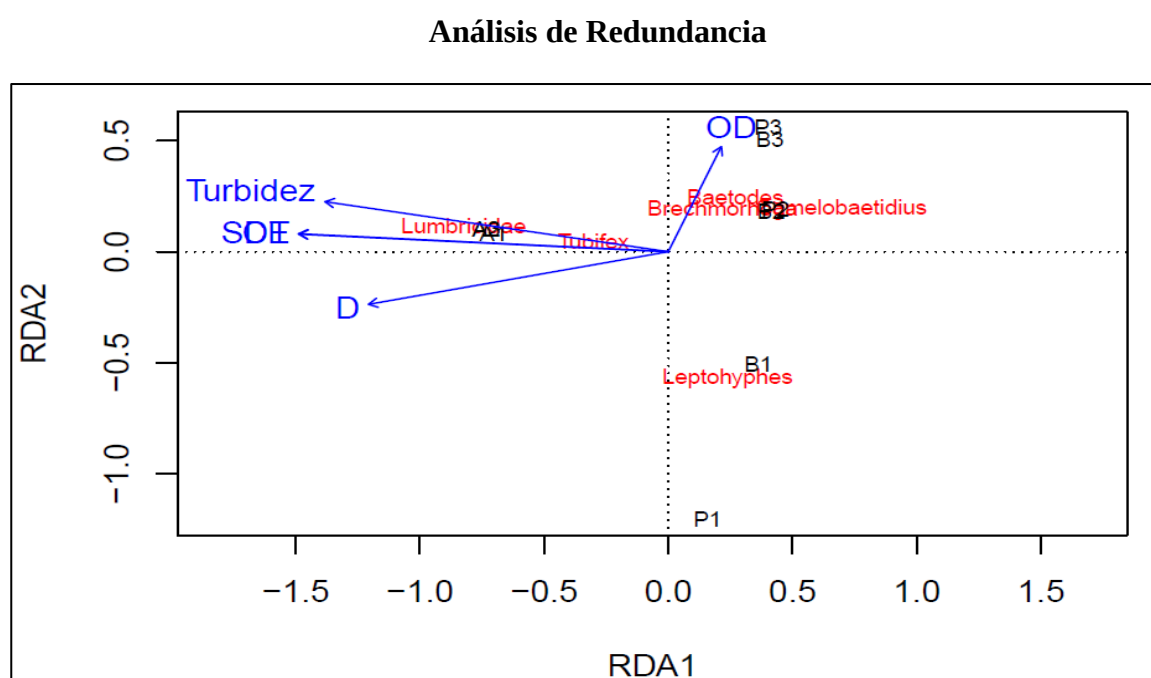


Gráfico 9. Resultados del Análisis de redundancia desarrollado entre los parámetros fisicoquímicos y los géneros encontrados.

Elaborado: Autora

El análisis de Redundancia, permitió conocer que los géneros de Lumbricidae y Tubifex presentes en el uso de suelo agrícola están influenciados por la turbidez, conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales. La familia Tubificidae es característica de sistemas eutrofizados de abundante materia orgánica en descomposición, generalmente presentes en zonas extremas de contaminación (51).

La conductividad eléctrica es un parámetro determinante en ambientes acuáticos, el aumento potencial de este parámetro provoca la reducción en la diversidad de especies (36).

Además, se determinó que el oxígeno disuelto en los usos de suelo pastizal y bosque (2 y 3) influye en la existencia de los géneros *Baetodes*, *Brechmorhoga* y *Camelobaetidius*. Los valores de oxígeno disuelto generalmente dependen de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos e influye en la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macroinvertebrados (44). El género *Leptohyphes* en bosque y pastizal (1) refleja baja influencia bajo el parámetro de dureza, es decir que no representa dependencia significativa entre ellas.

Rodríguez (2009), menciona que el agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio. Son las causantes de la dureza del agua y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales (52).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través de la investigación desarrollada a lo largo de la microcuenca baja del río Quevedo en los esteros Sábalo y Mocache, se puede concluir aceptando la hipótesis de que los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal influyen en la calidad y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.
- Se logró determinar la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, obteniéndose como resultado un total de 565 macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 9 órdenes, 20 familias y 22 géneros. Siendo los géneros más representativos *Camelobaetidius* en bosque, *Lumbricidae* en agrícola y *Leptohyphes* en pastizal, por otro lado, entre los géneros menos representativos se encontraron a *Tropisternus*, *Tricorythodes* y *Vacuperinus*.
- El índice de diversidad de Shannon reflejó que el punto con mayor diversidad dentro de los usos de suelo fue bosque, presentándose de igual manera para el índice de Simpson, por su parte el índice de Pielou mostró que la riqueza en cuanto a composición y estructura se encontró en agrícola. En lo correspondiente al índice de similitud de Bray Curtis se identificó una similitud en los tres usos de suelo en un 4% respectivamente.
- En cuanto al índice de hábitat fluvial e índice de calidad de bosque de ribera se pudo establecer que el uso de suelo correspondiente a bosque presenta una calidad buena.
- A través del índice BMWP-Cr se pudo establecer que la calidad del agua en los tres usos de suelo va desde calidad mala contaminada, llegando hasta un estado de muy mala, extremadamente contaminada.
- El análisis de redundancia permitió conocer que los géneros *Lumbricidae*, *Tubifex*, *Baetodes*, *Brechmorhoga*, *Camelobaetidius* y *Leptohyphes* estaban influenciados por parámetros como el oxígeno disuelto, la dureza, la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

5.2. Recomendaciones

- Continuar con las investigaciones en los sitios de estudios por periodos de muestreo más prolongados con la finalidad de observar la variabilidad en cuanto a composición y estructura de géneros que se puedan presentar.
- Llevar a cabo investigaciones en las dos épocas del año, tanto en época seca como lluviosa.
- Aplicar la herramienta Educación Ambiental en las poblaciones cercanas a los cuerpos de agua, con el propósito de mejorar el estado de la calidad del agua, respecto de los resultados obtenidos en el índice BMWP-Cr.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFIA

1. Cordero D. Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador. *Investig Agrar Sist y Recur For*. 2008;17(1):54-66.
2. Encina Rojas A, Ibarra J. La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarro*. 2003;
3. Rodríguez Jiménez JJ. Hacia un uso sostenible de los recursos naturales. Sevilla Univ Int Andalucía [Internet]. 2008; Disponible en: <https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2523/09rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Vega Chugchilán I. Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Pilaló, Cotopaxi, Ecuador. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3174/4/T-UTEQ-0082.pdf>
5. Cepeda Cajas EL. Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los usos desuelo, en el río Puembo Grande, Cantón Pujilí, Ecuador. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3170/4/T-UTEQ-0078.pdf>
6. Ruiz R, Sedeño E, López E. Ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos relacionados con diversos usos del suelo en los ríos Apatlaco y Chalma-Tembembe (cuenca del Río Balsas), México. *Hidrobiológica*. 2016;26(3):444-58.
7. Pillasagua J. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en usos de suelo bosque, urbano y agrícola en el río san Pablo, Cantón la Maná, Ecuador. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3077/3/T-UTEQ-0062.pdf>
8. Nieto N. La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y Cult*. 2011;36:157-76.
9. Martínez Y, Villalejo V. La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ing HIDRÁULICA Y Ambient* [Internet]. 2018;39(1):58-72. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n1/riha05118.pdf>
10. Toro A. Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como

bioindicadores de la calidad hídrica en el río Quevedo, Ecuador. 2018.

11. Rodríguez D, Pérez P. Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, de Cuba. Aqua-LAC [Internet]. 2014;6(2):58-70. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/06-RodriguezLugo.pdf>
12. Aguirre M. La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. Rev Virtual REDESMA [Internet]. 2011;5(1):11-9. Disponible en: http://www.sagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuencas_m_aguirre.pdf
13. Peñafiel A. Evaluación de la calidad del agua del río Tomebamba mediante el índice ICA del Instituto Mexicano de tecnología del agua. [Internet]. 2014. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20919>
14. Encinas M. Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos [Internet]. 2011. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10810/16784>
15. Martí E, Sabater F. Retención de nutrientes en ecosistemas fluviales. [Internet]. 2009. Disponible en: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/76865/3/retención de nutrientes en ecosistemas fluviales.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/76865/3/retención%20de%20nutrientes%20en%20ecosistemas%20fluviales.pdf)
16. Castellón J, Muñoz R, Hernández M. Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. Ingeniería [Internet]. 2015;19 (1):39-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924004>
17. Campos I. Saneamiento Ambiental [Internet]. 2000. 225 p. Disponible en: https://books.google.com.ni/books?id=lsgrGBGlGeMC&hl=es&source=gbs_navlinks_s
18. Rigola Lapeña M. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. [Internet]. ilustrada. Marcombo, editor. 1989. 160 p. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA27&dq=parametros os+fisicos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiCt_z7prbvAhWO1VkKHevdB24Q6AEwB3oECAkQAg#v=onepage&q=parametros fisicos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA27&dq=parametros+fisicos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiCt_z7prbvAhWO1VkKHevdB24Q6AEwB3oECAkQAg#v=onepage&q=parametros%20fisicos&f=false)
19. Asocaña. Protocolo de monitoreo hidrológico. [Internet]. 2012. 420 p. Disponible en: <https://www.asocana.org/documentos/472014-F910E241->

00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,B9B9B9.pdf

20. Sanchez Garzón C. Análisis espacio temporal de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada las delicias, cerros orientales de Bogotá. [Internet]. 2019. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15060/1/2019-analisis_fisicoquimico_quebrada.pdf
21. Levin R, David R. Estadística para administración y economía. Educación P, editor. 2004. 907 p.
22. Prat N, Munné A. Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas. *Limnetica* [Internet]. 2014;33(1):47-64. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-33-1-p-47.pdf>
23. Springer M. Biomonitorio acuático. *Rev Biol Trop* [Internet]. 2010;58(4):53-9. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a03v58s4.pdf>
24. Barragán J. Comunidades de macroinvertebrados acuáticos y calidad hídrica en el río Quevedo, Ecuador. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3969/1/T-UTEQ-0110.pdf>
25. Araya F, Fernández A. Modificación del índice de calidad de riberas: Inclusión del componente social en la evaluación de la calidad ribereña de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca. *UNICIENCIA* [Internet]. 2017;31(1):39-49. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313237603_Modificacion_del_indice_de_calidad_de_riberas_Inclusion_del_componente_social_en_la_evaluacion_de_la_calidad_riberena_de_la_microcuenca_del_rio_Burio-Quebrada_Seca
26. Guerrero N. Evaluación del uso de suelo y su influencia actual en la calidad del agua de la microcuenca “El Sapanal” cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, Ecuador. 2016.
27. Guerrero N, Díaz M, Urdanigo J, Tayhing C, Guerrero R, Yopez Á. Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador. *Rev Cuba CIENCIAS BIOLÓGICAS*. 2017;5(2):1-13.
28. Farfán M. Uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua en el Lago de Chalco. 2019.

29. Soto E. Estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos de seis Lagos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. 2018.
30. Aguirre J. Relación entre la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos y la cobertura vegetal ribereña de cuatro tributarios del río Oglan Pastaza - Ecuador. 2017.
31. Cedeño A, Quinteros E. Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río Carrizal. 2016;
32. Jáuregui D. Determinación de la calidad del agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín. 2019.
33. Mora J. Uso de macroinvertebrados como método de evaluación de la calidad de agua del río Sálma (Atacames – Ecuador). [Internet]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1639/1/MORA RODRÍGUEZ JOSELYN MICHELLE.pdf>
34. Carranza G. Identificación específica del agente causal de la mazorca negra (phytophthora spp.) en cacao en la zona central del litoral. 2015.
35. Larreategui C. Biodiversidad y variación interanual de la meiofauna en las Playas de san pedro de Manglar Alto y Salinas, Ecuador (2004-2007-2013). [Internet]. 2015. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40851/1/TESIS DE GRADO.pdf>
36. Armijo J. Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del bosque protector Murocombaa en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador. [Internet]. 2015. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3157/1/T-AMB-UTEQ-0077.pdf>
37. Acosta, Galarza, Hampel, González, Mosquera, Sotomayor. Protocolo de evaluación de la calidad biológica de los ríos de la región austral del Ecuador. ETAPAEP, SENAGUA - DHS. 2014.
38. 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. [Internet]. 2015. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/288/1/T-UTEQ-0007.pdf>

39. Quiñónez P. Evaluación del estado de salud ecológica de la microcuenca del río Pita (sector Molinuco, canteras y antiguo botadero Cashapamba) utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua. [Internet]. 2015. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/631/1/T-UIDE-0581.pdf>
40. Arana I, Balarezzo V, Eraso H, Pacheco F, Ramos C, Muzo R, et al. Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. Cuad Investig UNED [Internet]. 2016;8(1):69-75. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00068.pdf>
41. Ramírez A. Capítulo 5. Odonata. Rev Biol Trop [Internet]. 2010;58(4):97-136. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967005.pdf>
42. Morelli E, Verdi A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. Rev Mex Biodivers [Internet]. 2014;85(4):1160-70. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345314729999>
43. Forero A, Gutiérrez C, Reinoso G. Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. Hidrobiológica [Internet]. 2016;26 (3):459-74. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00459.pdf>
44. Yépez Á, Yépez B, Urdánigo JP, Morales D, Guerrero N, TayHing C. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. Cienc y Tecnol [Internet]. 2017;10(1):27-34. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321297250_Macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_de_calidad_hidrica_en_areas_de_descargas_residuales_al_rio_Quevedo_Ecuador
45. Iannacone J, Mansilla J, Ventura K. Macroinvertebrados en las lagunas de puerto viejo, Lima – Perú. Ecol Apl [Internet]. 2003;2(1):116-24. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v2n1/a18v2n1.pdf>
46. Galeano Rendón E, Monsalve Cortes L, Mancera Rodríguez N. Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del río Magdalena, Colombia.

- Rev UDCA Actual Divulg Científica [Internet]. 2017;20 (2):413-24. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a19.pdf>
47. Martínez Mera K. Caracterización de la calidad ecológica del bosque de ribera de los ríos Teaone, Atacames, Súa y estero Sálima, Provincia Esmeraldas, Ecuador. 2018.
 48. Rodríguez L, Ríos P, Espinosa M, Cedeño P, Jiménez G. Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Hidrobiológica* [Internet]. 2016;26(3):497-507. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/578/57851062013.pdf>
 49. WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. [Internet]. París, UNESCO.; 2019. Disponible en: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
 50. Hahn F, Miranda G, Pérez F, Mayo O, Rojas F, Cora P. Monitoreo de la calidad del agua en el río texcoco mediante sensores selectivos de iones. *Agrociencia* [Internet]. 2006;40 (3):277-87. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30240301.pdf>
 51. Valverde Legarda NL, Caicedo Quintero O, Aguirre N. Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. *Prod + Limpia* [Internet]. 2009;4(1):60. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277246992_Analisis_de_calidad_de_agua_de_la_quebrada_La_Ayura_con_base_en_variables_fisicoquimicas_y_macroinvert_ebrados_acuaticos
 52. Rodríguez J. Parametros físicos químicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, Cantón Alajuela, noviembre . *Pensam ActualUniversidad Costa Rica*. 2009;9(12-13)(1409-0112):125-34.
 53. Cuèllar P, Vivas S, Bonada N, Robles S, Medallo A, Álvarez M, et al. PROTOCOLO GUADALMED (PRECE). *Limnetica*. 2002;21(3-4):187-204.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Índice IHF aplicado a los usos de suelo; agrícola, bosque y pastizal.

Bloques

Puntuación

1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas

Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	
Solo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
TOTAL (una categoría)			

2. Frecuencia de rápidos

Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8	
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25		4	
Solo pozas		2	
TOTAL (una categoría)			

3. Composición del sustrato

% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Lamo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
TOTAL (sumar categorías)			

4. Regímenes de velocidad / profundidad

somero: < 0.5 m	4 categorías: Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
lento: < 0.3 m/s	Solo 3 de las 4 categorías	8	
	Solo 2 de las 4	6	
	Solo 1 de las cuatro	4	
TOTAL (una categoría)			

5. Porcentaje de sombra en el cauce

Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
TOTAL (una categoría)			

6. Elementos heterogeneidad

Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
TOTAL (sumar categorías)			

7. Cobertura de vegetación acuática

% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
TOTAL (sumar categorías)			

PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)

La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:

Inclusión rápidos - sedimentación pozas	10
Frecuencia de rápidos	10
Composición del sustrato	20
Regimen velocidad / profundidad	10
Porcentaje de sombra en el cauce	10
Elementos de heterogeneidad	10
Cobertura de vegetación acuática	30

Fuente: Cuellar et al.,(2002) (53).

Anexo 2. Índice QBR aplicado a los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal.

Protocolo GUADALMED (PRECE)

203

CALIFICACIÓN DE LA ZONA DE RIBERA DE LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES. ÍNDICE QBR

Esta calificación debe ser aplicada en toda la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera propiamente dicha). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.

Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplan las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.



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

Estación _____
Fecha _____

Grado de cubierta de la zona de ribera Puntuación entre 0 y 25

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

Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera) Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	cobertura de árboles superior al 75 %
10	cobertura de árboles entre el 50 y 75 % o cobertura de árboles entre el 25 y 50 %
5	y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
0	cobertura de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
+10	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
-5	si los árboles tienen un sotobosque arbustivo
-5	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
-10	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*) Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	1	2	3
5	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	-	1	1 - 2
0	sin árboles autóctonos			
+10	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+5	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y 75% de la longitud del tramo			
+5	si las distintas especies se disponen en bandas paralelas al río			
+5	si el número de especies de arbustos es:	> 2	> 3	> 4
-5	si hay estructuras construidas por el hombre			
-5	si hay alguna sp. de árbol y/o arbusto alóctono** aislada			
-10	si hay sp. de árboles y/o arbustos alóctonos** formando comunidades			
-10	si hay vertidos de basuras			

Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	el canal del río no ha estado modificado
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	río canalizado en la totalidad del tramo
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	si existe alguna presa <o> U otra infraestructura transversal en el lecho del río

Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)
Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Fuente: Cuellar et al.,(2002) (53).

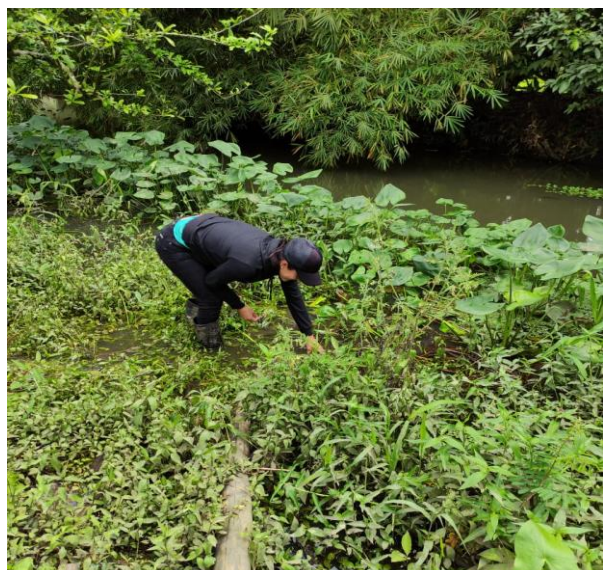
Anexo 3. Fotografías de uso de suelo agrícola, bosque y pastizal.



Características de uso de suelo agrícola; 1 fotografía (parte alta), 2 fotografía (tramo del estero Sábalo.)



Características de uso de suelo pastizal; 1 fotografía (parte alta), 2 fotografía (parte del rio del estero Mocache.)

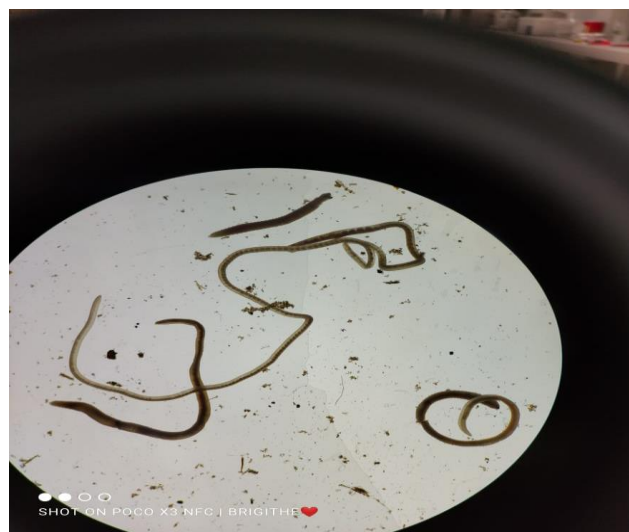


Características del uso de suelo bosque y toma de muestras dentro del cauce.

Anexo 4.Macroinvertebrados acuáticos encontrados en los diferentes usos de suelo.



Genero *Leptohyphes*, familia
Leptohyphidae, Orden *Ephemeroptera*



Genero *Tubifex*, familia *Naididae*
Orden *Annelida*



Genero Baetodes, familia Baetidae,
Orden Ephemeroptera



Variedad de géneros en uso de suelo
bosque

Anexo 5. Identificación de macroinvertebrados en laboratorio de la UTEQ.



Identificación de géneros con apoyo de claves taxonómicas ilustradas