



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

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

**Proyecto de Investigación:**

**“RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LA DIVERSIDAD DE  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL ESTERO EL BARRO DE LA  
MICROCUENCA BAJA DEL RÍO QUEVEDO”**

**Autor:**

**Darwin David Macias Diaz**

**Director:**

**Ing. Carlos Alberto Nieto Cañarte, MSc.**

**Quevedo-Los Ríos- Ecuador**

**IC 2021-2022**



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

Yo, **Darwin David Macias Diaz**, declaro que la investigación descrita aquí es de mi auditoría; 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 correspondiente a este documento, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por normatividad institucional vigente.

---

**Darwin David Macias Diaz**

**C.C. # 1207325976**

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

El suscrito, Ing. Carlos Alberto Nieto Cañarte Msc., docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que el estudiante Darwin David Macias Diaz realizó el proyecto de investigación de grado titulado “RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL ESTERO EL BARRO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO QUEVEDO” previo a la obtención del título de Licenciado en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Carlos Alberto Nieto Cañarte, MSc.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN**

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

Por medio del presente me permite certificar, que el Sr. Darwin David Macias Diaz, estudiante egresado de la Carrera Licenciatura en Gestión Ambiental presencial, una vez que se recibo el proyecto de investigación “Relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el estero El Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.” Tengo a bien informar que se realizó la revisión respetiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 8%.



### **Document Information**

---

Analyzed document	Tesis Completa de Darwin Macias.docx (D112038775)
Submitted	9/3/2021 7:44:00 PM
Submitted by	
Submitter email	darwin.macias2016@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	cnieto.uteq@analysis.urkund.com

---

**Ing. Carlos Alberto Nieto Cañarte, MSc.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

**Título:**

**Relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos  
en el estero El Barro de la microcuenca baja del río Quevedo**

Presentado al Concejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de  
Licenciado en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Oscar Prieto Benavides

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

Ing. Julio Pazmiño Rodriguez

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

Ing. Norma Guerrero Chuez

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por ser mi guía en la realización del presente proyecto de investigación*

*Agradezco a mi hermano Jefferson Stalyn Macias Diaz que estoy seguro que desde el cielo me está apoyándome ya fue la inspiración de poder alcanzar esta meta.*

*Agradezco a mi madre Edilia Susana Diaz Cedeño, a mi padre Enrique Alfredo Macias Diaz y mi hermano Alex Alfredo Macias Diaz, quienes estuvieron de manera constante apoyándome y motivándome en mi carrera universitaria.*

*Agradezco a mis amigos y compañeros de clases por estar brindándome su apoyo incondicional de manera constante.*

*Agradezco a mis tías Helen, Esperanza, Meria, Marilina, Patricia y Luisa quienes siempre me estuvieron apoyando a seguir adelante.*

*Agradezco al ingeniero Carlos Nieto y a la ingeniera Norma Guerrero por su guía y la oportunidad de brindarme a participar en este proyecto.*

*Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por la oportunidad brindada a sus docentes por todo el camino recorrido junto a mis compañeros impartiendo sus conocimientos.*

## **DEDICATORIA**

*En memoria de mi hermano Jefferson Stalyn Macias Diaz quien me enseñó, desde  
pequeño a luchar por alcanzar mis metas.*

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación fue desarrollada en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, donde se evaluó la estructura de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores de calidad del agua, valorando las categorías de uso de suelo agrícola, mina, urbana, bosque y pastizal, con el propósito de determinar la influencia dentro de los cuerpos de agua. Para ello se recolectó e identificó los géneros de macroinvertebrados acuáticos, en tres tramos de cada categoría acorde al uso de suelo, las muestras fueron depositadas en frascos rotulados de alcohol al 70%, seguido por la identificación de géneros en los laboratorios de la UTEQ; con la finalidad de calcular la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados, mediante la utilización de los índices Shannon, Simpson, Margalef y BMWP-Cr. También, se estimó la calidad de los índices de ribera (QBR) y la calidad fluvial (IHF). Además, se definieron ocho parámetros físicos químicos para determinar la calidad del agua (la turbidez, dureza, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, temperatura y la salinidad). Se recolectaron un total de 1393 especies, en los usos de suelos agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal, donde se identificaron 7 órdenes, 16 géneros y 15 familias. Siendo los géneros más representativos, *Pentaneura* agrícola y urbana, *Baetodes* mina, bosque y pastizal con menor, los géneros *Camelobaetidius*, *Lutzomyia* y *Camelobaetidius*. La presencia de los atributos en las estaciones de muestreos, se encontraron en sustratos de bloques, limo, piedras y arenas en hábitats rápidos, lentos en someras y profundas. El análisis estadístico ANOVA, constató que, mediante el índice Simpson, existe diferencia estadística entre la comunidad de macroinvertebrados a diferencia de los índices de Shannon y Margalef en relación de los usos de suelos, mostrando que existe similitud entre la diversidad y heterogeneidad de especies dominantes de macroinvertebrados acuáticos. El índice de ribera en la categoría de Bosque y pastizal mostraron una calidad buena, mientras, el sector urbano reveló una pésima calidad. Sin embargo, en el índice fluvial, las derivaciones más representativas son las categorías de bosque, pastizal y mina mostrando una interpretación moderada y de menor las categorías agrícolas y urbanas manifestando una calidad moderada a deficiente.

**Palabras claves:** Calidad del agua, Calidad fluvial, índice de ribera, parámetros físicos-químicos, Shannon, Simpson, Margalef y BMWP-Cr.

## ABSTRACT

This research was carried out in the Barro estuary of the lower Quevedo River microbasin, where the structure of aquatic macroinvertebrates was evaluated as indicators of water quality, assessing the categories of agricultural, mining, urban, forest and pasture land use, with the purpose of determining the influence within the water bodies. For this purpose, the genera of aquatic macroinvertebrates were collected and identified in three sections of each category according to land use, the samples were deposited in labeled bottles of 70% alcohol, followed by the identification of genera in the laboratories of the UTEQ; in order to calculate the diversity of macroinvertebrate communities, using the Shannon, Simpson, Margalef and BMWP-Cr indexes. Also, the quality of bank indices (QBR) and fluvial quality (IHF) were estimated. In addition, eight physical-chemical parameters were defined to determine water quality (turbidity, hardness, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, dissolved oxygen, temperature and salinity). A total of 1393 species were collected in agricultural, mining, urban, forest and pasture land uses, where 7 orders, 16 genera and 15 families were identified. The most representative genera were *Pentaneura* agricultural and urban, *Baetodes* mine, forest and pasture with minor, the genera *Camelobaetidius*, *Lutzomyia* and *Camelobaetidius*. The presence of the attributes in the sampling stations, were found in substrates of blocks, silt, stones and sands in fast, slow in shallow and deep habitats. The ANOVA statistical analysis showed that, by means of the Simpson index, there is a statistical difference between the macroinvertebrate community as opposed to the Shannon and Margalef indices in relation to soil use, showing that there is similarity between the diversity and heterogeneity of dominant species of aquatic macroinvertebrates. The riparian index in the forest and pasture categories showed a good quality, while the urban sector revealed a very poor quality. However, in the fluvial index, the most representative derivations are the forest, pasture and mine categories showing a moderate interpretation and the agricultural and urban categories showing a moderate to poor quality.

**Keywords:** Water quality, river quality, bank index, physical-chemical parameters, Shannon, Simpson, Margalef and BMWP-Cr.

# Índice

AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CÓDIGO DUBLIN .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Planteamiento del problema. ....	3
1.2. Objetivos. ....	4
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1. Marco conceptual. ....	7
2.2. Marco referencial. ....	10
CAPÍTULO III .....	13
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
3.1. Localización del área de estudio. ....	14
3.2. Tipo de investigación. ....	15
3.3. Métodos de investigación.....	15
3.4. Objetivo 1: Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.....	15
3.5. Objetivo 2: Calidad del agua mediante la aplicación de parámetros y el Índice BMWP-Cr. ....	19

3.6. Objetivo 3: Estado de la vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo mediante la aplicación del Índice de ribera (QBR) e (IHF). .....	20
3.8. Fuentes de recopilación de información.....	21
3.9. Diseño de la investigación. ....	22
3.10. Instrumentos de investigación.....	22
3.11. Tratamiento de los datos. ....	22
3.12. Recursos humanos y materiales. ....	23
CAPÍTULO IV .....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
4.1. Objetivo 1: Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.....	25
4.2. Objetivo 2: Calidad del agua mediante la aplicación de parámetros y el Índice BMWP-Cr. ....	47
4.3. Aplicación del Índice de ribera (QBR) e (IHF) en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo. ....	57
CAPÍTULO V .....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1 Conclusiones. ....	61
5.2. Recomendaciones.....	62
CAPÍTULO VI.....	63
BIBLIOGRAFÍAS Y ANEXOS .....	63
6.1. Bibliografías.....	64
6.2. Anexos.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ubicación e información de los sitios de muestreo .....	17
---	----

<b>Tabla 2:</b> Índices de Diversidad Ecosistémica .....	19
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido aplicando el índice BMWP-Cr. ....	20
<b>Tabla 4:</b> Índice de calidad QBR .....	21
<b>Tabla 5:</b> Índice de calidad IHF .....	21
<b>Tabla 6 :</b> Recursos materiales.....	23
<b>Tabla 7:</b> Presencia de macroinvertebrados acuáticos acorde a los usos de suelo.....	26
<b>Tabla 8:</b> Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en las zonas de uso agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal.....	31
<b>Tabla 9:</b> Distribución de macroinvertebrados por sustratos y hábitat de los usos de suelo.....	37
<b>Tabla 10:</b> Similitud de familia de macroinvertebrados por estaciones de muestreo. ....	44
<b>Tabla 11:</b> Puntaje que se le asignó a cada familia de macroinvertebrados de acuerdo a la BMWP-Cr.....	67
<b>Tabla 12:</b> Límites permisibles por el TULSMA.....	68
<b>Tabla 13:</b> Relación de usos de suelo mediante índices de diversidad .....	69
<b>Tabla 14:</b> ANOVA para Simpson_1-D por USOS.....	70
<b>Tabla 15:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	71
<b>Tabla 16:</b> ANOVA para Shannon_H por USOS .....	71
<b>Tabla 17:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	71
<b>Tabla 18:</b> ANOVA para Margalef por USOS .....	72
<b>Tabla 19:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	72
<b>Tabla 20:</b> Parámetros físicos-químicos de los usos de suelo.....	73
<b>Tabla 21:</b> Tabla ANOVA para Turbidez (NTU) por USO.....	74
<b>Tabla 22:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	75
<b>Tabla 23:</b> ANOVA para Dureza (%) por USO.....	75
<b>Tabla 24:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	75

<b>Tabla 25:</b> ANOVA para Ph por USO .....	75
<b>Tabla 26:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	76
<b>Tabla 27:</b> ANOVA para Conductividad eléctrica (uS/cm) por USO .....	76
<b>Tabla 28:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	77
<b>Tabla 29:</b> ANOVA para TDS (ppm) por USO .....	77
<b>Tabla 30:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	78
<b>Tabla 31:</b> ANOVA para DO (mg/l) por USO .....	78
<b>Tabla 32:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	78
<b>Tabla 33:</b> ANOVA para Temperatura (°C) por USO .....	78
<b>Tabla 34:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	79
<b>Tabla 35:</b> ANOVA para Salt (ppt) por USO .....	80
<b>Tabla 36:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	80
<b>Tabla 37:</b> ANOVA para BMWP-Cr por USO.....	80
<b>Tabla 38:</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de los puntos de muestreo. ....	14
<b>Figura 2:</b> Representación de las medias para índice de diversidad de Simpson de los diferentes usos de suelo. ....	40
<b>Figura 3:</b> Representación de medias para el índice de diversidad de Shannon de los diferentes usos de suelo. ....	41
<b>Figura 4:</b> Aplicación del índice de diversidad de Margalef para los diferentes usos de suelos. ....	43
<b>Figura 5:</b> Análisis Clúster en las estaciones de muestreo.....	46
<b>Figura 6:</b> Representación de las medias de los parámetros de turbidez para los usos de suelo.....	48
<b>Figura 7:</b> Representación de las medias de los parámetros de dureza para los usos de suelo.....	49

<b>Figura 8:</b> Representación de las medias de los parámetros de Ph para los usos de suelos. .....	50
<b>Figura 9:</b> Representación de las medias de los parámetros de conductividad eléctrica para los usos de suelo. ....	52
<b>Figura 10:</b> Representación de las medias de los parámetros del TDS para los usos de suelo.....	53
<b>Figura 11:</b> Representación de las medias de los parámetros de OD para los usos de suelo. .....	54
<b>Figura 12:</b> Representación de las medias de los parámetros de turbidez para los usos de suelo.....	55
<b>Figura 13:</b> Representación de las medias de los parámetros de salinidad para los usos de suelo.....	56
<b>Figura 14:</b> Análisis del índice BMWP-Cr para los usos de suelo .....	57
<b>Figura 15:</b> Aplicación de índice de Bosque de ribera (QBR) .....	59
<b>Figura 16:</b> Aplicación de índice de calidad de hábitat fluvial (IHF).....	60
<b>Figura 17:</b> Fotografías de uso de suelo agrícola.....	82
<b>Figura 18:</b> Fotografías de uso de suelo mina. ....	82
<b>Figura 20:</b> Fotografía de uso de suelo urbano. ....	82
<b>Figura 19:</b> Fotografía de uso de suelo bosque.....	82
<b>Figura 21:</b> Fotografía de identificación de macroinvertebrados acuáticos. ....	82
<b>Figura 22:</b> Fotografía de uso de suelo pastizal.....	82
<b>Figura 23:</b> Separación de macroinvertebrados acuáticos. ....	82
<b>Figura 24:</b> Análisis de los parámetros físicos-químicos.....	82

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo
<b>Autor:</b>	Macias Diaz Darwin David
<b>Palabras claves:</b>	Calidad del agua, Calidad fluvial, índice de ribera, parámetros físicos-químicos, Shannon, Simpson, Margalef y BMWP-Cr.
<b>Fecha de publicación:</b>	Diciembre, 2021
<b>Editorial:</b>	Quevedo: UTEQ, 2021
<b>Resumen:</b>	<p>La presente investigación fue desarrollada en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, donde se evaluó la estructura de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores de calidad del agua, valorando las categorías de uso de suelo agrícola, mina, urbana, bosque y pastizal, con el propósito de determinar la influencia dentro de los cuerpos de agua. (...)</p> <p style="text-align: center;"><b>ABSTRACT</b></p> <p>This research was carried out in the Barro estuary of the lower Quevedo River microbasin, where the structure of aquatic macroinvertebrates was evaluated as indicators of water quality, assessing the categories of agricultural, mining, urban, forest and pasture land use, with the purpose of determining the influence within the water bodies. (...)</p> <p><b>Keywords:</b> Water quality, river quality, bank index, physical-chemical parameters, Shannon, Simpson, Margalef and BMWP-Cr.</p>
<b>Descripción:</b>	100 hojas, dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
<b>Url:</b>	

# INTRODUCCIÓN

El agua es una parte fundamental de toda forma de vida, la disminución disponible del agua ya sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, provocaría daños gravemente negativos sobre los ecosistemas (1).

Los conflictos entre la explotación y la preservación de los ecosistemas son frecuentes en América del Sur y sobre todo en algunos casos de los ecosistemas acuáticos suele ser más dramático (2). Con el transcurso del tiempo, el hombre se ha abastecido de las fuentes hídricas para su uso agrícola, industrial y recreativo, provocando así transformaciones en el medio ambiente.

La provincia de Los Ríos ha atravesado por el proceso histórico de transformación de la región costa del Ecuador. Más del 90% de su paisaje natural ha sido transformado principalmente para la producción de arroz, cultivos de ciclo corto, café, cacao, banano, palma africana y pastos plantados. Sumado a esto, la presencia de sistemas de protección, como áreas protegidas o bosques protectores, es casi nula en la provincia (2).

Los cambios en el uso del suelo de bosques nativos a tierras usadas en agricultura, ganadería y plantaciones forestales, afectan las comunidades acuáticas, ya que la pérdida de vegetación ribereña altera directa e indirectamente la calidad del agua (3).

Dentro del ecosistema acuático se encuentran comunidades biológicas como los macroinvertebrados acuáticos bentónicos, en estos ecosistemas se establece la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y microhábitats como el material vegetal, las rocas y la hojarasca, resaltando su presencia en substratos del ecosistema lótico como troncos y sedimentos (4).

Los macroinvertebrados acuáticos son ampliamente usados para evaluar la calidad ecológica de los ríos. Por tanto, la relación existente entre las comunidades de macroinvertebrados y el ambiente fluvial es muy estrecha, siendo importante saber cómo estas comunidades varían cuando las condiciones ambientales cambian (5).

Debido a falta de aplicabilidad e incumplimiento de las leyes ambientales, nace la necesidad de desarrollar esta investigación, con el propósito de conocer la relación que existe entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

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

## **1.1. Planteamiento del problema.**

En la actualidad la determinación de las actividades agrícolas, ganaderas y minerías a provocando impactos ambientales sobre todo en los ecosistemas acuáticos. La degradación al ambiente y el uso inadecuado de los recursos hídricos causan alteraciones en el ciclo del agua, incidiendo así negativamente en la sociedad, restando así las posibilidades de buen vivir a las futuras generaciones.

### **1.1.1. Diagnóstico del problema.**

La falta de aplicabilidad de leyes ambientales sumada a las de diversas actividades antropogénicas emitidas en el entorno sin planificación adecuada, ha provocado que exista alteraciones en el estero el Barro, afectando la calidad del agua y la cobertura ribereña disminuyendo las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

### **1.1.2. Pronóstico del problema.**

Si el proceso progresivo de las actividades antropogénicas emitidas en el estero el Barro continua, se asume que existirá cambios adversos debido a la inexistencia de control de los parámetros físico-químicos presentes en el agua, promoviendo así efectos negativos para el medio ambiente, como la pérdida de hábitat y la degradación de ecosistemas acuáticos. Además, de que las personas que se radican cerca de las cuencas hídricas pueden presentar afectaciones de calidad de vida, debido a que estas aguas son de uso imprescindible para coexistir.

### **1.1.3. Formulación del problema.**

¿Existe relación entre los usos de suelo y macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua?

### **1.1.4. Sistematización del problema.**

¿Los diferentes usos de suelos influyen en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos con los usos de suelo en el estero el Barro?

¿El uso del suelo afecta la calidad del agua del estero el Barro?

¿Existe relación entre la calidad del agua y la presencia de género de macroinvertebrados acuáticos?

¿El estado de la vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo en el estero el Barro influye en la diversidad de las comunidades de macroinvertebrado acuáticos?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- Estimar la relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Caracterizar la diversidad y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.
- Aplicar la medición de parámetros fisicoquímicos y el cálculo del índice biótico BMWP-Cr en el análisis de la influencia de los usos del suelo sobre la calidad del agua en el estero El Barro.
- Determinar el estado de la vegetación de ribereña y la calidad del hábitat fluvial en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

### **1.3. Justificación.**

Actualmente la tierra sufre muchos cambios, ocasionados por las actividades agrícolas, ganaderas y mineras que a provocando impactos ambientales sobre todo en los ecosistemas acuáticos. La degradación al ambiente y el uso inadecuado de los recursos hídricos causan alteraciones en el ciclo del agua, incidiendo así negativamente en la sociedad, restando así las posibilidades de buen vivir a las futuras generaciones.

Los recursos hídricos forman parte de uno de los elementos más importante sobre la Tierra, debido a que cumple una función primordial en el desarrollo de los seres vivos. Sin embargo, este recurso cada vez es más escaso y el principal motivo es la contaminación abundante que ha sufrido en los últimos años. Estos sucesos, acompañados de otros aspectos, hacen imprescindible el tratamiento y cuidado del agua.

El agua es un recurso natural escaso, cuya calidad debe ser protegida, defendida, gestionada y tratada como tal. Sin embargo, las aguas contaminadas son recursos renovables con una capacidad limitada de recuperación, donde la calidad influye mucho en los usos de usos de suelo.

La presente investigación busco conocer el estado actual en que se encuentra el estero el Barro, en base a la micro cuenca baja del río Quevedo, estableciendo puntos de muestreos específicos, con el propósito de identificar la relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el área de estudio. Además, mediante la aplicación de parámetros físicos químicos, el índice BMWP-Cr, el índice de ribera (QBR) y el índice fluvial (IHF), se accedió a realizar un diagnóstico que permitirá brindar información relevante, para nuevas bases de investigaciones a futuras.

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

## **2.1. Marco conceptual.**

### **2.1.1. Calidad de agua.**

La caracterización de la calidad del agua de un río implica la determinación del grado, el nivel o la intensidad de la contaminación que posee, la cual puede ser de origen físico, químico o biológico, y la capacidad del sistema de restituir de manera natural las propiedades o condiciones que poseía antes de ser afectado por el agente contaminante (6).

### **2.1.2. Uso de suelo.**

Es la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad (7).

### **2.1.3. Parámetros físico químicos.**

Evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos permite determinar la calidad del agua (8). Por lo general la implementación de los parámetros físico-químicos otorgan información de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de la influencia en la vida acuática.

### **2.1.4. Oxígeno disuelto (OD).**

Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándose como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz. (7).

### **2.1.5. pH.**

Es una variable que mide la acidez o la alcalinidad de una solución. El pH regula muchos de los procesos químicos y fisiológicos del sistema. Las medidas prácticas del pH se encuentran entre los valores 0-14; los valores normales para la mayoría de organismos

acuáticos son de 5.6 a 8.5 ; estos varían dependiendo de la entrada de minerales al sistema (2).

### **2.1.6. Turbiedad.**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado (7)

### **2.1.7. Color.**

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas (5).

### **2.1.8. La temperatura.**

Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (5).

### **2.1.9. Conductividad eléctrica.**

Es la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica. El agua destilada pura no conduce la corriente, pero al tener sales disueltas aumenta su capacidad de conducción. La medida de la conductividad requiere la compensación de la temperatura de la solución con relación a la temperatura estándar escogida de 25 °C (2).

### **2.1.10. Bioindicadores.**

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (7).

### **2.1.11. Macroinvertebrados acuáticos.**

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista (9).

### **2.1.12. Índice BMWP-Cr.**

El índice Monitoring Working party de costa Rica (BMWP-Cr) permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo; se atribuye a cada especie un valor determinado (1-10), de acuerdo con su tolerancia a la contaminación, de manera que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que aquellas que requieren mejor calidad de las aguas en que viven (2).

### **2.1.13. Índice de hábitat fluvial (IHF).**

El índice de hábitat fluvial (IHF) valora la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada. A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (2).

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

Es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema (5).

### **2.1.15. Índices de diversidad.**

El concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información, comienza a aplicarse en los años cincuenta y sesenta (9). Dicha teoría parte de la base, que mientras mayor información se tenga acerca de un hecho, suceso o situación, mayor y más preciso será el entendimiento que se tenga de él (2).

### **2.1.15.1. Índice de Simpson.**

El índice de Simpson, es sensible a los cambios en las abundancias de las especies más frecuentes. Es adecuado para muestras pequeñas, pero hay dependencia de las especies dominantes (7).

### **2.1.15.2. Diversidad de Shannon.**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (5).

### **2.1.15.3. Riqueza de Margalef.**

Sirve para estimar la tasa y los números de individuos que forman partes de las comunidades, en los puntos de muestreos identificados. Además, se establece como base la distribución cuantitativa de los microorganismos de las diferentes especies en función de la cantidad de individuos reflejados en las muestras analizadas (1).

## **2.2. Marco referencial.**

- ❖ Clavijo en el 2017 en su investigación, el cual tuvo como objetivo principal estimar la calidad del agua del río Cutuchi en Cotopaxi-. Ecuador, donde se calcularon los índices de calidad del agua BMWP y la diversidad de Shannon y Wiener. Obteniendo como resultado una calidad de agua muy contaminada con una baja diversidad, estos resultados fueron verificados mediante análisis de parámetros fisicoquímicos como: Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales, Nitratos, DBO5, DQO y coliformes fecales los cuales demostraron que las aguas del río Cutuchi no cumplen con la normativa ambiental vigente, debido a la alta presencia de contaminantes de origen antropogénicas (10).
- ❖ Según Cajas en el 2018 en su investigación realizada en el río Puenbo grande, del cantón Pujilí tuvo como finalidad caracterizar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, donde se aplicó el índice BMWP-Cr; los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Jaccard y Simpson), se empleó el índice de hábitat

fluvial (IHF) y el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) con objeto de evaluar tanto las características de su hábitat físico como el estado de sus riberas, obteniendo como resultados una diversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos, se recolectó un total de 1404 individuos durante la ejecución de la investigación y se determinó que el uso de suelo con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron: en (plantación forestal), se encontró 519 individuos, los cuales están distribuidos en 11 órdenes, 32 familias y 43 géneros de macroinvertebrados acuáticos, además se encuentran en microhábitat de aguas con corrientes lentas y rápidas y en tipos de sustratos de hojarasca y piedras. El índice de hábitat fluvial del río presentó, un rango de calidad del agua “Moderada – Deficiente” (5).

- ❖ Mientras que un estudio realizado por Escobar & Montoya el 2019, en la quebrada la Chaparrala, tuvo como propósito determinar los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, antioquia-Colombia, donde su metodología se basó en tres estaciones de muestreo considerando los usos del agua y del suelo, cobertura vegetal y las actividades antrópicas. Las muestras se tomaron y midieron *in situ* por duplicado las variables fisicoquímicas y ambientales. La cual se encontraron 37 géneros de insectos acuáticos pertenecientes a 27 familias y cinco phyla. Además, se evidenció una disminución progresiva en la calidad del agua, donde se observó la presencia de las familias Leptophlebiidae, Perlidae e Hydropsychidae que habitan en aguas limpias y oxigenadas. Se evidenció que la quebrada aún es capaz de auto depurarse (11).
- ❖ La investigación realizada por Madera, Angulo, Díaz & Rojano, 2016 en el río Cesar tuvo el propósito de evaluar la calidad del agua en algunos puntos afluentes, utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. Donde se establecieron cinco estaciones y dos jornadas de muestreo (periodo seco y de lluvias). Además, se recolectaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos e identificación de macro invertebrados que fueron contados e identificados mediante estereomicroscopio y claves taxonómicas. Teniendo como resultado en total 1025 organismos, 589 en periodo seco y 436 en periodo de lluvias, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. El valor promedio del índice BMWP/Col define la calidad del agua de la estación 1 (E1) como agua ligeramente

contaminada, de calidad aceptable, E2-E3-E4 y E5 como agua moderadamente contaminada, de calidad dudosa (12).

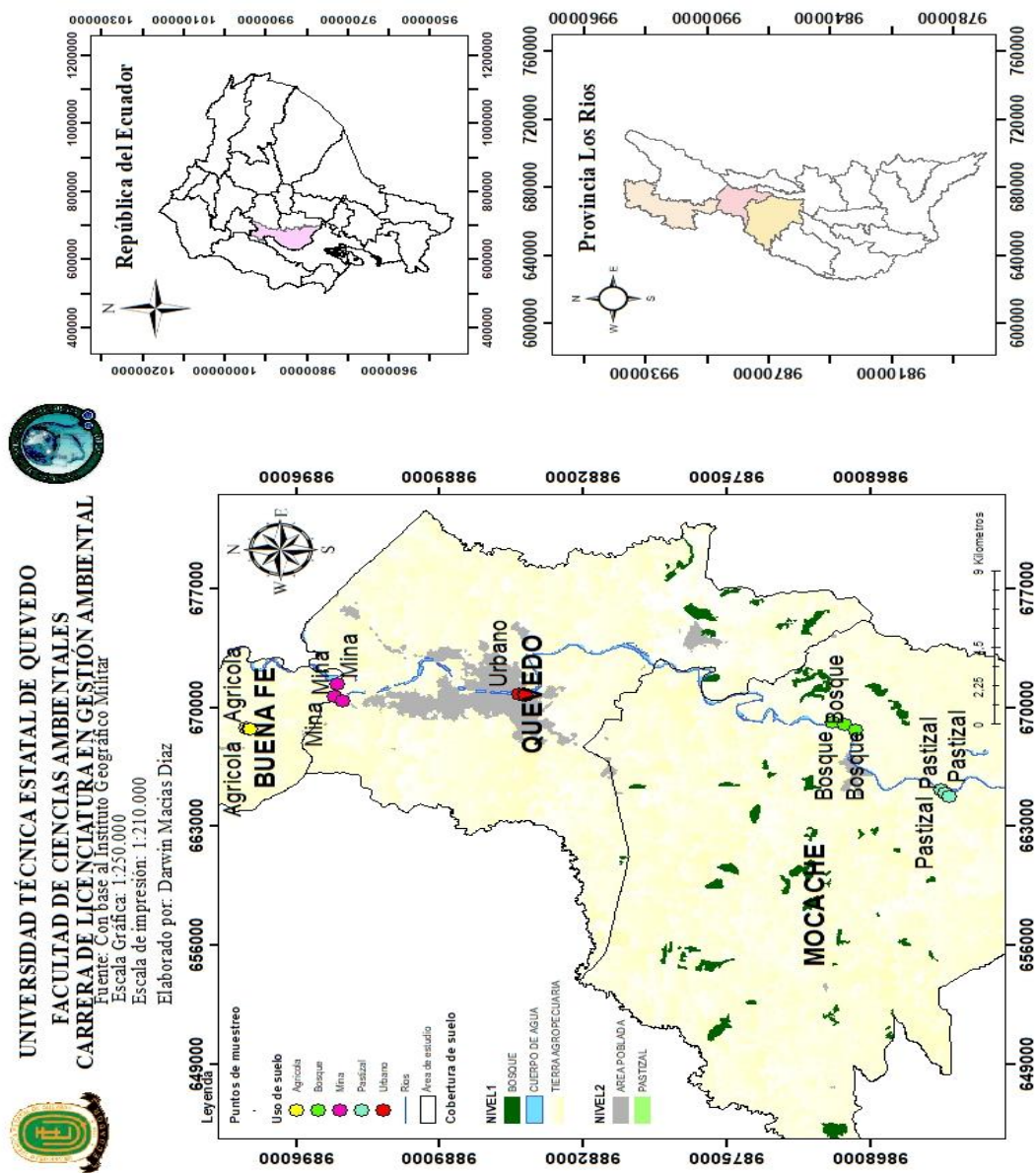
- ❖ Además, la investigación titulada “Análisis de la diversidad de macroinvertebrados en el río Pindo en la provincia de Pastaza por Villarreal el 2018, mencionó que se colectaron organismos en cinco puntos de muestreo, en un tramo de tres kilómetros, durante seis meses entre mayo y octubre. Donde se identificaron 7726 macroinvertebrados a nivel de familias y se determinó su riqueza y abundancia. El estudio permitió identificar 37 familias de un total de 12 órdenes. Las familias de mayor abundancia fueron Leptohiphidae y Chironomidae. Dentro de los índices de Hábitat Fluvial (IHF) y Calidad de Bosque de Ribera (QBR), los sitios de mayor calidad de hábitat fluvial y vegetación fueron los puntos P4 y PB, mientras que el de menor calidad fue P1. Mientras que el Índice BMWP demostró que la calidad de agua del río Pindo Grande fue aceptable (13).
- ❖ La investigación publicada por Nuñez & Fragoso, el 2020 en las lagunas de estabilización El Salguero, consistió evaluar la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. Donde se aplicó del índice BMWP/Col (adaptado para Colombia) y los índices ecológicos de diversidad alfa y beta. Se colectaron macroinvertebrados acuáticos en las lagunas anaeróbicas, facultativas y de maduración. Obteniendo 2619 individuos colectados y estos se encuentran distribuidos en tres phylum, tres Clases, cinco Órdenes y 14 Familias. Dando como resultados la dominancia del orden Díptera. Los índices ecológicos alfa y beta mostraron valores de diversidad aceptables (14).

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

### 3.1. Localización del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, donde se establecieron cinco categorías de uso de suelo (Agrícola, Mina, Urbano, Bosque y Pastizal) para realizar el respectivo monitoreo, los cuales se encuentra ubicado entre los cantones Buena Fe, Quevedo y Mocache.

**Figura 1:** Ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente: Autor

## **3.2. Tipo de investigación.**

El presente proyecto de investigación es de tipo diagnóstica y exploratoria

### **3.2.1. Diagnóstica.**

Este tipo de investigación permitió identificar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y conocer las características ambientales, además de analizar los factores físicos y biológicos con la aplicación del índice del hábitat fluvial (IHF) y el Índice de calidad de bosque de ribera (QBR) en el estero el Barro y la microcuenca baja del río Quevedo.

### **3.2.2. Exploratoria.**

Este tipo de investigación permitió, tomar datos en los sitios establecidos del área de estudio y mediante visitas al campo, la cual facilitó la toma de muestra para la documentación e interpretación de los resultados.

## **3.3. Métodos de investigación.**

### **3.3.1. Método de observación.**

Mediante el método de observación directa se identificó los sitios de muestreo del área de estudio, de tal manera que permitió la caracterización de la comunidad de los macroinvertebrados y visualizar el efecto del uso de suelo, sobre la calidad de agua.

### **3.3.2. Método analítico.**

A través del método analítico se logró interpretar la evaluación de indicadores ecológicos (índice BMWP-Cr, índice de hábitat fluvial, etc.), y por ende se describió un análisis que permitió conocer los resultados del estero el Barro y la microcuenca baja del río Quevedo.

**3.4. Objetivo 1:** Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

Para el cumplimiento del primer objetivo se estableció puntos estratégicos de muestreo dentro de la microcuenca del río Quevedo acorde a las características del sitio, las cuales se detallan en puntos de coordenadas (UTM).

Para recolección de los macroinvertebrados acuáticos se utilizó una red tipo “D” de 350 cm<sup>2</sup> con abertura de malla de nylon de 500 micras, los macroinvertebrados se recolectaron

mediante la ayuda de una pinza metálica, en diferentes tipos de hábitats (empaques de hojas, madera sumergida, pozas, piedras, remansos) cada monitoreo se lo realizó en un lapso de una hora basándose en la metodología de Norma Guerrero (2016)(15).

Las muestras recolectadas se depositaron en frascos plásticos rotulados, con aproximadamente 150 ml de alcohol al 70%, para la preservación de los organismos, las muestras fueron analizadas en el laboratorio básico de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la identificación de los macroinvertebrados se llevó a cabo con la ayuda del estereoscopio y con la guía de las claves taxonómicas, la cual permitió identificar el género al que pertenecen los organismos recolectados Domínguez y Fernández (2009). En la tabla 1 se muestra información del muestreo acorde al tipo de uso de suelo (agrícola, minera, urbana, bosque y pastizal) (15).

**Tabla 1.** Ubicación e información de los sitios de muestreo

Usos de suelo	Zona de muestreo	Distancia entre tramos	Altitud	Coordenadas geográficas		Características de las zonas ribereñas	Tipos de sustrato y micro hábitat	Descripción física de las estaciones muestreadas
<b>Agrícola</b>	A	200 metros	95 metros	668763,7	9898401,3	Poca profundidad y correntoso	Bloques y limo/rápido y somero	Cacao, banano y naranja
	B	200 metros	94 metros	668711,5	9898270,4	Poca profundidad y correntoso	Bloques y limo/rápido y somero	Cacao y banano
	C	200 metros	92 metros	668734,8	9898208,3	Poca profundidad y correntoso	Bloques y limo/rápido y somero	Cacao y banano
<b>Mina</b>	A	200 metros	55 metros	671367,2	9893991,6	Profunda poca correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Abundante zona riparia
	B	200 metros	56 metros	670652,6	9894087,0	Profunda poca correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Abundante zona riparia
	C	200 metros	56 metros	670353,6	9893739,9	Profunda poca correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Abundante zona riparia
<b>Urbano</b>	A	200 metros	47 metros	670765,5	9885118,0	Correntoso	Piedras y arena/rápidos y somero	Residencias aledañas

	B	200 metros	46 metros	670777,9	9884853,9	Correntoso	Piedras y arena/ rápidos y somero	Residencias aledañas
	C	200 metros	47 metros	670717,5	9884788,2	Correntoso	Piedras y arena/ rápidos y somero	Residencias aledañas
<b>Bosque</b>	A	200 metros	43 metros	669094,0	9869821,3	Profunda y poca correntosa	Bloques o piedras /lento y profundo	Sembríos de árboles (Tecas y boyas)
	B	200 metros	38 metros	668967,0	9869228,6	Profunda y poca correntosa	Bloques o piedras /lento y profundo	Sembríos de árboles (Tecas y boyas)
	C	200 metros	36 metros	668628,3	9868720,6	Profunda y poca correntosa	Bloques o piedras /lento y profundo	Sembríos de árboles (Tecas y boyas)
<b>Pastizal</b>	A	200 metros	28 metros	665389,8	9866625,1	Profunda y correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Matorrales y viviendas
	B	200 metros	27 metros	665728,5	9866286,4	Profunda y correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Matorrales y viviendas
	C	200 metros	29 metros	665813,2	9865672,6	Profunda y correntosa	Piedras/rápidos y profundo	Matorrales y viviendas

**Elaborado:** Autor

Para la caracterización de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados del área de estudio, se utilizará los índices de diversidad señalados en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Índices de Diversidad Ecosistémica

<b>Índice de Diversidad Ecosistémica</b>	<b>Aspecto en que incide</b>	<b>Fórmula</b>
Índice de Simpson	Dominancia de especies	$\lambda = \sum p_i^2/n$
Diversidad de Shannon- Weaver	Diversidad de especies	$H' = - \sum (n_i/N) \ln (n_i/N)$
Riqueza de Margalef	Riqueza de especies	$DMg = S- 1/ \ln N$

**Fuente:** Toro Rincón (2).

**Elaborado:** Autor

### **3.5. Objetivo 2:** Calidad del agua mediante la aplicación de parámetros y el Índice BMWP-Cr.

Para el cumplimiento del objetivo 2 se realizó una comparación de los parámetros encontrados de la toma de muestras en función a los estándares permisibles estipulados por el TULSMA descrito en la tabla 12.

Además, se utilizó el índice biótico BMWP-Cr (*Biological Monitoring Working Party*) modificado para Costa Rica, mediante las sumas de las puntuaciones asignadas se calculó a los distintos taxones encontrados en las muestras de macroinvertebrados según su grado de sensibilidad a la contaminación citadas en el listado de la Tabla 3. El puntaje se asignó una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brindo el valor final del índice tabla 3. Este valor permitió determinar la calidad del agua según las categorías citadas en la Tabla 11, (15).

**Tabla 3:** Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido aplicando el índice BMWP-Cr.

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

**Fuente:** (Guerrero, 2016) (15).

**Elaborado:** Autor

**3.6. Objetivo 3:** Estado de la vegetación de ribera en los diferentes usos de suelo mediante la aplicación del Índice de ribera (QBR) e (IHF).

Para la determinación de la relación de las variables físico-químicas con las comunidades, se emplearon los siguientes equipos, medidor portable de turbiedad, multiparámetro portátil y medidor de dureza del agua. En cada punto de las categorías se midieron las siguientes variables: oxígeno disuelto (OD mg/l), potencial de hidrógeno pH, conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ), temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ), y sólidos disueltos totales (ppm). Además, se utilizaron protocolos y guías para mayor interpretación de las características del lugar.

**El Índice de calidad del bosque de ribera QBR**, busca evaluar distintos componentes y atributos de la ribera en cuatro apartados; grado, estructura, calidad de cubierta de la zona de ribera y grado de naturalidad del canal fluvial. El valor final del índice es la suma de los apartados, el cual varía entre 0 y 100 (5).

A continuación, se detalla la siguiente tabla donde se muestra los valores que determinaron la calidad de ribera.

**Tabla 4:** Índice de calidad QBR

<b>Calidad</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Descripción de la ribera</b>	<b>Color</b>
Muy buena	$\geq 95$	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural	Azul
Buena	75 – 90	Bosque ligeramente perturbado	Verde
Intermedia	55 – 70	Inicio de alteración importante	Amarillo
Mala	30 – 50	Alteración fuerte	Naranja
Pésima	$\leq 25$	Degradación extrema	Rojo

**Fuente:** Cepeda Cajas (5).

**Elaborado:** Autor

Mientras que **el índice de calidad del Hábitat Fluvial (IHF)**, busca valorar la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada. A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan. La puntuación final varía entre 0 (mínima calidad) y 100 (máxima calidad). El IHF, evaluó los siguientes parámetros (5).

**Tabla 5:** Índice de calidad IHF

<b>Interpretación</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Color</b>
Muy buena	100-90	Azul
Buena	89-70	Verde
Moderada	69-50	Amarillo
Deficiente	49-30	Naranja
Mala	29-0	Rojo

**Fuente:** Cepeda Cajas (5).

**Elaborado:** Autor

### **3.8. Fuentes de recopilación de información.**

**Fuentes primarias:** En la presente investigación se recopila información específica de investigadores que ya hayan realizado algún tipo de análisis cercano al área de estudio.

**Fuentes secundarias:** Mediante la búsqueda de información de textos, revistas, documentos en similitud a estudios de casos se logró llevar a cabo la presente investigación.

### **3.9. Diseño de la investigación.**

El presente trabajo de investigación es de carácter no experimental, debido a que el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos se ejecutó en su estado natural, durante una vez al mes de junio julio y agosto del 2021. Las estaciones de muestreos se establecieron en el estero el Morro de la microcuenca baja del río Quevedo de acuerdo al uso de suelo cultivo agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal; estas categorías fueron seleccionadas por tener diferencias en diversidad de cobertura vegetal y usos de suelo. Además, se debe de considerar que la ejecución del proyecto de investigación se lo llevo a cabo durante la época invernal a seca.

### **3.10. Instrumentos de investigación.**

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron índices ecológicos y biológicos, como el índice BMWP-Cr, el Índice de calidad del bosque de ribera (QBR), el índice de calidad del Hábitat Fluvial (IHF). De tal manera que permitió evaluar la calidad de agua, los componentes y atributos de la ribera del estero el Barro ubicado en la microcuenca baja del río Quevedo en relación con los tipos de uso de suelo que existen.

### **3.11. Tratamiento de los datos.**

Para cuantificar las puntuaciones de las comunidades de los macroinvertebrados acuáticos se utilizó el Programa Excel, como también el Software Past versión 4.0 con el fin de establecer la denominación de los índices de diversidad acorde a su composición taxonómica. Además, se ejecutó un estudio de varianza ANOVA con un rango de eficiencia significativa de 95% ( $p < 0,05$ ), al igual que la implementación del análisis de Clúster, que permitió conocer la similitud y diferencia entre géneros de macroinvertebrados acuáticos y uso de suelo.

### 3.12. Recursos humanos y materiales.

#### 3.12.1. Recursos humanos.

Ing. Norma Guerrero Chuez, Ing. Carlos Nieto

#### 3.12.2. Recursos Materiales.

**Tabla 6 :** Recursos materiales

<b>Campo</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Oficina</b>
Botas, Cámara Fotográfica, Esferos Y Lápices, Equipo Fluvial, Gps, Protocolos Ihf, Qbr, Libreta De Campo, Machete, Mochila, Pinzas, Red Tipo D NET, Vehículo.	Alcohol, bandejas plásticas blancas, bata o mandil, mascarilla, claves taxonómicas, estereoscopio, pinzas entomológicas, recipientes de vidrio.	Computadora, pendrive, cuaderno de apunte, bolígrafo.

**Elaborado:** Autor

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

**4.1. Objetivo 1:** Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

La tabla 7 indica resultados obtenidos en los meses de muestreo en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, la cual demuestran que, en los usos de suelo agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal, los géneros con mayor frecuencia fueron: Batoides (Ephemeroptera) con un valor de 23%, seguido por el género Pentaneura (Diptera) con 19% y en menor presencia el género Abedus (Hemiptera) con 1%. Esto constató con lo reportado por (Díaz M., 2016) en un estudio realizado en la quebrada La Chapa (Colombia), la cual mostró que para la época seca predominan los Traulodes (Ephemeroptera) con un 37% individuos (16).

**Tabla 7:** Presencia de macroinvertebrados acuáticos acorde a los usos de suelo.

ORDEN	GÉNERO	FAMILIA	PUNTOS DE MUESTREO																								TOTAL	PORCENTAJE						
			ZONA AGRÍCOLA						ZONA MINA						ZONA URBANO						ZONA BOSQUE								ZONA PASTIZAL					
			JN			JL			AG			JN			JL			AG			JN			JL					AG					
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			A	B	C			
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	28	19%			
<b>DIPTERA</b>	Lutzomyia	Psychodidae		x				x									x													3	2%			
<b>ODONATA</b>	Ishnura	Coenagrionidae							x		x							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15	10%			
<b>ODONATA</b>	Erithya	Libellulidae						x			x			x												x	x			6	4%			
<b>ODONATA</b>	Epigomphus	Gomphidae	x	x	x		x	x			x										x	x				x				10	7%			
<b>EPHEMERA</b>	Camelob	Baetidae						x				x	x		x	x	x										x		9	6%				





#### **4.1.1. Diversidad y abundancia de Macroinvertebrados acuáticos de los usos de suelos.**

En la tabla 8 se indica el total de macroinvertebrados acuáticos recolectados durante los meses junio, julio y agosto obteniendo un valor total de 1393 especies, para los usos de suelos agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal, donde se identificaron 7 órdenes, 16 géneros y 15 familias.

La recolección en la zona de uso de suelo agrícola durante los meses de muestreos, predomina el género de *Pentaneura* (Diptera) con un 60,9%, seguido por el género *Epigomphus* (Odonata) con el 15%, y con menor abundancia se identificó, el género *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con un 0,7%, seguido el género *Abedus* (Hemiptera) con el 1,4%, cabe recalcar en esta categoría se encuentra ubicado el estero el Morro.

Lo antes expuesto difiere a lo identificado por (Castillo V., 2020), quien para una de las estaciones de muestreo en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú; predominó el género *Pentaneura* (Diptera), lo cual mencionó, que el motivo de su presencia fue debido a la afluencia de las actividades humanas (17).

Sin embargo, la categoría de uso de suelo mina mostró, con mayor abundancia el género *Baetodes* (Ephemeroptera) con un 37,5%, seguido por el género *Traulodes* (Ephemeroptera) con 19,9%, y con la menor cantidad, el género *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con 1,4%, seguida del género *Pentaneura* (Diptera) con 4,0%. Resultados parecidos se encontraron en una de las estaciones de muestreo en el caso de estudio de “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina” reportado por (Carolina N., 2016), donde predominaron con mayor abundancia el género *Baetidae* perteneciente a la familia Ephemeroptera (18).

Por otro lado, la categoría de uso de suelo urbana, obtuvo valores representativos en el género *Pentaneura* (Diptera) con un 61,9%, presidido por el género *Leptohyphes* (Ephemeroptera) con un 10,7%, y con menor abundancia, el género *Lutzomyia* (Diptera) con el 2,0%, seguido por el género *Ishnura* (Odonata) con el 2,3%. Existe resultados similares muestra el caso de estudio “variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú” reportado por (Castillo R., 2020), donde orden Diptera fue el de mayor riqueza, con

24 géneros agrupados en 12 familias. Predominando los Chironomidae, la cual fue una de las familias de mayor riqueza, con cuatro géneros cada una (17).

Para la categoría de uso de suelo Bosque, los géneros con mayor presencia fueron: *Batoides* (Ephemeroptera) con el 33,5%, seguido por *Ishnura* (Odanata) con un valor de 27,3% y en menor abundancia *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con el 0,5%, continuado por *Macrobrachium* (Decapoda) con un 4,1%. Las comunidades de macroinvertebrados observadas en el presente estudio son similares al caso de estudio “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”, la cual reportó (María C., 2016) en cuanto a los resultados indicaron que el orden Ephemeroptera contribuyó más en la diferenciación de comunidades (19).

Además, para el uso de suelo pastizal, los resultados con mayor representatividad fueron: *Baetodes* (Ephemeroptera) con un 36,6%, seguido por *Ishnura* (Odanata) con un 22,4%, y con menor *Erithrodiplax* (Odanata) con un 2,7% al igual que *Tropisternus* (Ephemeroptera) con un valor de 2,7%. Derivaciones similares reportó (Nuñez J., 2020), en el caso de estudio “uso de macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de las lagunas de estabilización El Salguero (Colombia)”, donde menciona que el orden Ephemeroptera fue uno de los más importantes y estuvo presente en todas las estaciones de muestreo, aunque solo reportó 3 familias, siendo *Leptophlebiidae* la más abundante (14).









#### **4.1.2. Sustrato y hábitat de los usos de suelo agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal.**

En la tabla 9 se indica resultados del estero El Barro para el sector uso de suelo agrícola, donde presentó con mayor representación los géneros: *Pentaneura* (Diptera) con un 60,9% seguido por el género *Epigomphus* (Odanata) con un 15,0%, por otro lado, los géneros de menor fueron: el género *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con un 0,7%, seguido el género *Abedus* (Hemiptera) con el 1,4%, cabe mencionar que todos los géneros se hallaron en sustratos de bloques y limo en un hábitat de corrientes rápidas y somero.

Además, en el uso de suelo mina, predomina con mayor representación el género *Baetodes* (Ephemeroptera) con un 37,5%, seguido por el género *Traulodes* (Ephemeroptera) con el 19,9%, y con menor cantidad, el género *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con 1,4%, seguida del género *Pentaneura* (Diptera) con 4,0%, todos estos géneros fueron encontrados en sustratos de piedras de corrientes rápidas y profundas. Por otro lado, en el uso de suelo urbano se detallan con mayores valores representativos: el género *Pentaneura* (Diptera) con un 61,9%, precedido por el género *Leptohyphes* (Ephemeroptera) con un 10,7%, y con menor abundancia, el género *Lutzomyia* (Diptera) con el 2,0%, seguido por el género *Ishnura* (Odanata) con el 2,3%, todos estos géneros fueron encontrados en sustratos de piedra y arena en un hábitat de corriente rápida y somero.

Mientras que, en el uso de suelo de Bosque, los géneros con mayor representación fueron: *Batoides* (Ephemeroptera) con el 33,5%, seguido por *Ishnura* (Odanata) con un valor de 27,3% y en menor abundancia *Camelobaetidius* (Ephemeroptera) con el 0,5%, continuado por *Macrobrachium* (Decapoda) con un 4,1% es importante mencionar que los géneros se encontraron en sustratos de bloques o piedras en un hábitat de corriente lenta y profunda.

Sin embargo, para el uso de suelo pastizal, los resultados con mayor representatividad fueron: *Baetodes* (Ephemeroptera) con un 36,6%, seguido por *Ishnura* (Odanata) con un 22,4%, y con menor *Erithrodiplax* (Odanata) con un 2,7% al igual que *Tropisternus* (Ephemeroptera) con un valor de 2,7%, cabe mencionar que para esta categoría los macroinvertebrados acuáticos se encontraron en un sustrato de piedra en un hábitat de corriente rápida y profunda.

Estudios similares reportó (Jeymy W., 2020), donde menciona que se recolectaron 34.144 individuos agrupados en 25 órdenes, 76 familias y 102 géneros. De los 147 taxones reportados, 101 se registraron en el microhábitat de sustrato rocoso, 97 en orilla con vegetación, 71 en hojarasca, 58 en el sedimento fino y 38 se asociaron con el de orilla con raíces (20). La interpretación de la abundancia, sustrato y hábitat de los macroinvertebrados, como descriptores cuantitativos de estructura y de funcionalidad de un sistema de este tipo, varía en función de la morfología y el hábito trófico de los organismos (16).

**Tabla 9:** Distribución de macroinvertebrados por sustratos y hábitat de los usos de suelo.

<b>AGRÍCOLA</b>									
<b>ORDEN</b>	<b>Género</b>	<b>Familia</b>	<b>SUSTRATO</b>	<b>HÁBITAT</b>	<b>JN</b>	<b>JL</b>	<b>AG</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	Bloques y limo	Rápido y somero	94	105	64	263	60,9
	Lutzomyia	Psychodidae	Bloques y limo	Rápido y somero	2	0	6	8	1,9
<b>ODANATA</b>	Epigomphus	Gomphidae	Bloques y limo	Rápido y somero	27	33	5	65	15,0
<b>ODANATA</b>	Erithrodiplax	Libellulidae	Bloques y limo	Rápido y somero	0	0	10	10	2,3
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Camelobaetidius	Baetidae	Bloques y limo	Rápido y somero	0	0	3	3	0,7
	Baetodes	Baetidae	Bloques y limo	Rápido y somero	2	20	0	22	5,1
	Leptohyphes	Leptohyphidae	Bloques y limo	Rápido y somero	0	13	0	13	3,0
<b>TRICHOPTERA</b>	Tropisternus	Hydroptilidae	Bloques y limo	Rápido y somero	4	17	5	26	6,0
<b>GASTROPODA</b>	Melanoides	Thiaridae	Bloques y limo	Rápido y somero	5	8	3	16	3,7
<b>HEMIPTERA</b>	Abedus	Belostomatidae	Bloques y limo	Rápido y somero	0	6	0	6	1,4
<b>TOTAL</b>					<b>134</b>	<b>202</b>	<b>96</b>	<b>432</b>	<b>100</b>
<b>MINA</b>									
<b>ORDEN</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>Familia</b>	<b>SUSTRATO</b>	<b>HÁBITAT</b>	<b>JN</b>	<b>JL</b>	<b>AG</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	0	11	11	4,0
<b>ODANATA</b>	Ishnura	Coegrionidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	12	5	17	6,1
	Erithrodiplax	Libellulidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	5	8	13	4,7
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Leptohyphes	Leptohyphidae	Piedras	Rápidos y profundo	12	23	0	35	12,6

	Traulodes	Leptophebiidae	Piedras	Rápidos y profundo	26	21	8	55	19,9
	Camelobaetidius	Baetidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	0	4	4	1,4
	Baetodes	Baetidae	Piedras	Rápidos y profundo	39	43	22	104	37,5
<b>TRICHOPTERA</b>	Chimarra	Philopotamidae	Piedras	Rápidos y profundo	11	9	0	20	7,2
	Macrostemum	Hydropsychidae	Piedras	Rápidos y profundo	9	9	0	18	6,5
	<b>TOTAL</b>				<b>97</b>	<b>122</b>	<b>58</b>	<b>277</b>	<b>100</b>

#### URBANO

ORDEN	GÉNERO	FAMILIA	SUSTRATO	HÁBITAT	JN	JL	AG	TOTAL	%
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	105	50	35	190	61,9
<b>DIPTERA</b>	Lutzomyia	Psychodidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	0	0	6	6	2,0
<b>ODANATA</b>	Ishnura	Coenagrionidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	0	0	7	7	2,3
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Baetodes	Baetidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	12	16	3	31	10,1
	Camelobaetidius		Piedras y arena	Rápidos y somero	6	0	5	11	3,6
	Leptohyphes	Leptohyphidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	15	18	0	33	10,7
	Caenis stephen	Caenidae	Piedras y arena	Rápidos y somero	12	8	9	29	9,4
	<b>TOTAL</b>				<b>150</b>	<b>92</b>	<b>65</b>	<b>307</b>	<b>100</b>

#### BOSQUE

ORDEN	GÉNERO	FAMILIA	SUSTRATO	HÁBITAT	JN	JL	AG	TOTAL	%
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	8	10	9	27	13,9
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Camelobaetidius	Baetidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	0	0	1	1	0,5
	Baetodes		Bloques o piedras	Lento y profundo	13	21	31	65	33,5

<b>ODANATA</b>	Ishnura	Coenagrionidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	7	21	25	53	27,3
	Epigomphus	Gomphidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	7	12	0	19	9,8
<b>ODANATA</b>	Erithrodiplax	Libellulidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	0	0	21	21	10,8
<b>DECAPODA</b>	Macrobrachium	Palaemonidae	Bloques o piedras	Lento y profundo	0	5	3	8	4,1
<b>TOTAL</b>					<b>35</b>	<b>69</b>	<b>90</b>	<b>194</b>	<b>100</b>
<b>PASTIZAL</b>									
<b>ORDEN</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>SUSTRATO</b>	<b>HÁBITAT</b>	<b>JN</b>	<b>JL</b>	<b>AG</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>DIPTERA</b>	Pentaneura	Chironomidae	Piedras	Rápidos y profundo	9	7	5	21	11,5
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Camelobaetidius	Baetidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	0	11	11	6,0
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Baetodes	Baetidae	Piedras	Rápidos y profundo	13	32	22	67	36,6
	Traulodes	Leptophebiidae	Piedras	Rápidos y profundo	15	8	0	23	12,6
<b>EPHEMEROPTERA</b>	Leptohyphes	Leptohyphidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	0	10	10	5,5
<b>ODANATA</b>	Erithrodiplax	Libellulidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	5	0	5	2,7
	Ishnura	Coenagrionidae	Piedras	Rápidos y profundo	5	24	12	41	22,4
<b>TRICHOPTERA</b>	Tropisternus	Hydroptilidae	Piedras	Rápidos y profundo	0	0	5	5	2,7
<b>TOTAL</b>					<b>42</b>	<b>76</b>	<b>65</b>	<b>183</b>	<b>100</b>
<b>TOTAL, GENERAL</b>					<b>458</b>	<b>561</b>	<b>374</b>	<b>1393</b>	

**Fuente:** Laboratorio de suelo y agua de la UTEQ

**Elaborado por:** Autor

JN= Junio, JL= Julio y AG= Agosto

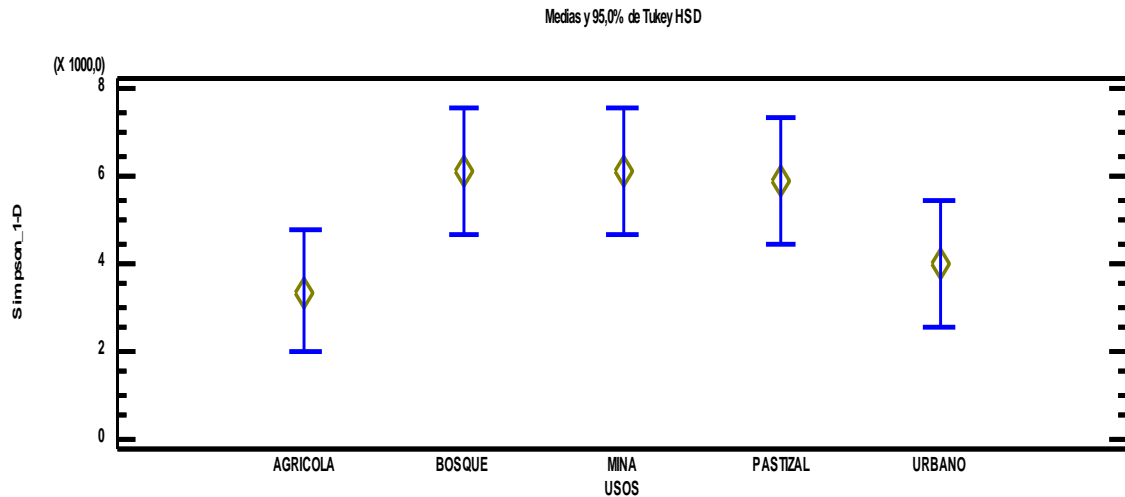
### **4.1.3. Aplicación de los índices de diversidad (Shannon-Wiener), riqueza de (Margalef) y el índice de dominancia de (Simpson) en relación a los usos de suelos.**

#### **Índice de Simpson**

El estado del índice de diversidad de Simpson para los usos de suelos, mediante la aplicabilidad del análisis de ANOVA, la varianza se descompone en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), donde la razón-F, que en este caso es igual a 3,34 es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,019) de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadística entre la media de Simpson\_1-D y el nivel de usos de suelos, con un margen de 95,0% de confianza. Por otro lado, las pruebas múltiples de los rangos se han identificado 3 grupos homogéneos acorde los resultados de la alineación de las “X”, no obstante, se muestra que la media mayor se muestra con un valor de 6190,44 (Figura 2), para el uso de suelo mina y de menor 3380,22 para el uso de suelo agrícola, mismo que señala que existe especies dominantes de macroinvertebrados acuáticos en relación a los usos de tipos de suelo.

Resultados parecidos reportaron en el caso de estudio “macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)” reportado por (Santiago L., 2019), en cuanto al índice de Simpson, los valores se encontraron por debajo de 0,5 sin embargo, en el sitio de muestreo E1, correspondiente a la temporada seca, que tuvo un valor de 0,71. Casi la totalidad de los resultados de este índice dieron por debajo de 0,5, lo cual indica la existencia de especies muy dominantes (21).

**Figura 2:** Representación de las medias para índice de diversidad de Simpson de los diferentes usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

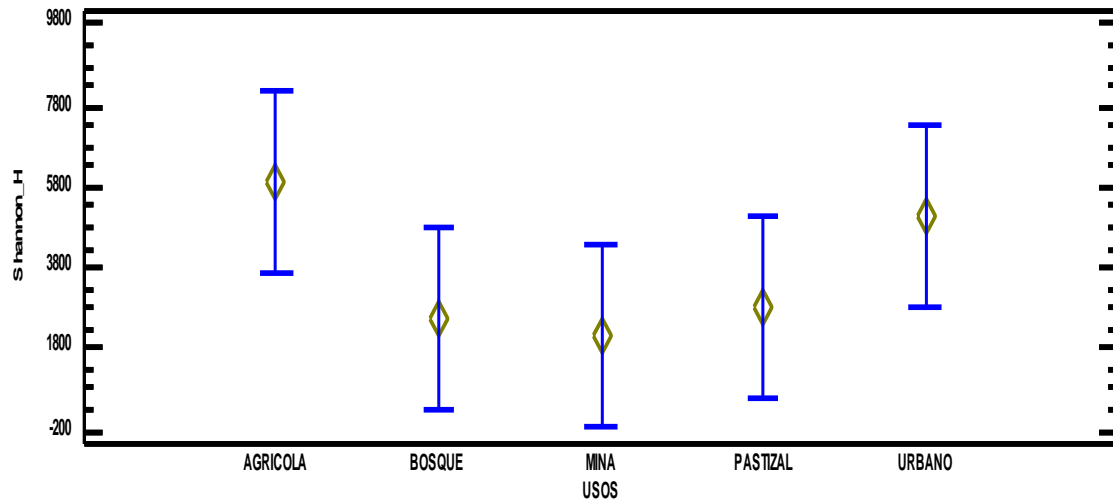
**Elaborado por:** Autor

### Índice de Shannon

Mediante la aplicabilidad del índice de Shannon, se obtuvo un análisis de ANOVA de los usos de suelo, donde se descompone la varianza de Shannon\_H en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), La razón-F, que en este caso es igual a 2,23, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,08) de la razón-F es mayor a 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Shannon\_H entre un nivel de usos de suelos y otros, con un margen de 95,0% de confianza. Además, se han identificado 2 grupos homogéneos en base a la formación de las “X” en las columnas, no obstante, la media con mayor obtuvo una representatividad de 5911,67 perteneciente a la zona de uso de suelo agrícola y de menor el uso de suelo mina con 2088,33 lo que indica que si existe heterogeneidad entre las comunidades de los macroinvertebrados encontrados (Figura 3).

Estudio relacionado reporta (Santiago L., 2019), en el río o Teusacá (Cundinamarca, Colombia), donde muestra que el índice de Shannon obtuvo valores entre 0,39 y 1,54, el cual lo determino como una representatividad baja de biodiversidad (21).

**Figura 3:** Representación de medias para el índice de diversidad de Shannon de los diferentes usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

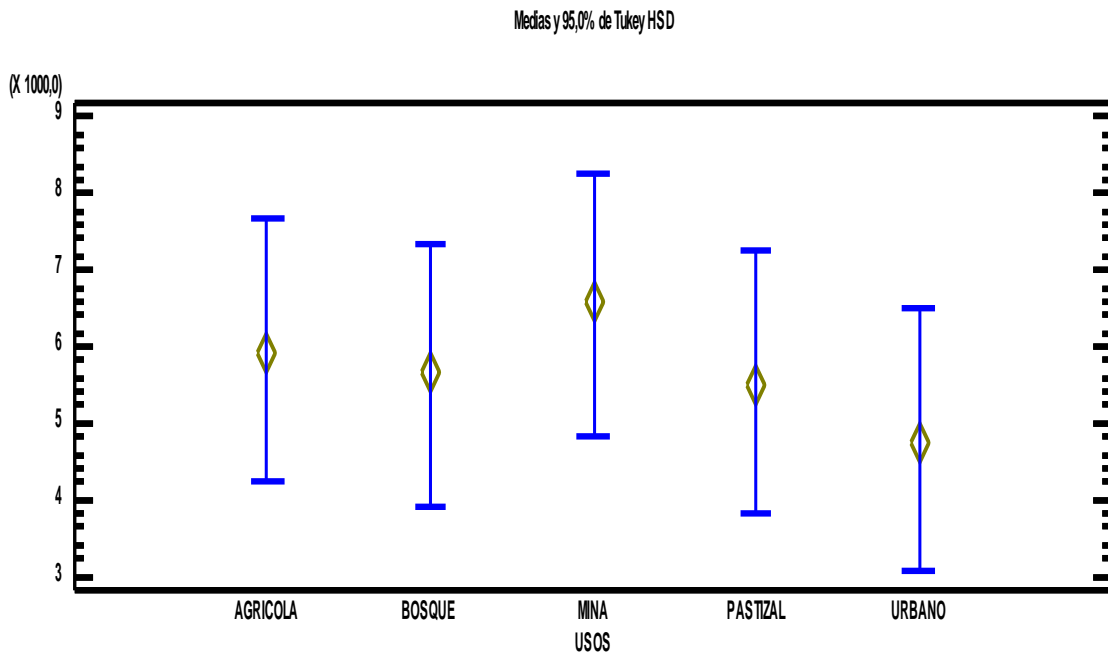
**Elaborado por:** Autor

### Índice de Margalef

De acuerdo al resultado del índice de diversidad de Margalef, se obtuvo un análisis de ANOVA, donde se descompone la varianza de Margalef en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), donde la razón-F, es igual a 0,590559, siendo el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,67) de la razón-F es mayor a 0,05, no existe una diferencia estadística entre la media de Margalef y los niveles de usos de suelos, con un margen de 95,0% de confianza. Referente a las pruebas múltiples de rangos, se ha identificado un grupo homogéneo, acorde a la ubicación de las columnas de las “X”, no obstante, la media con mayor grado de representatividad para el uso de suelo mina con un valor de 6554,0 y de menor representatividad el uso de suelo urbano con un valor de 4748,0 lo que indica en función a la distribución numérica, que existe variedades de especies de macroinvertebrados acuáticos presente en la diversidad de los usos de suelos (Figura 4).

Sin embargo, estudios similares reporto (Santiago L., 2019) en el río Teusacá (Cundinamarca, Colombia), donde no mostró poseer una diferencia estadística significativa de 95% de confianza debido a que obtuvo valores bajos entre 0,64 y 1,80, interpretándose ambos resultados como una biodiversidad baja en las zonas de muestreo (21).

**Figura 4:** Aplicación del índice de diversidad de Margalef para los diferentes usos de suelos.



**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

#### 4.1.3.2. Similitud de familia por sustratos mediante el índice de Jaccard.

En la tabla 14 se detalla la similitud o interacción entre los puntos de estaciones de uso de suelo mediante el índice de Jaccard. Para lo cual indica que las especies más parecidas de macroinvertebrados se hayan en Agrícola A y B, Mina A y Pastizal B (0,714); mientras que los grupos de menor similitud son los de Agrícola B y Mina B (0,091) de las familias de macroinvertebrados acuáticos. Estas características de similitud se encuentran relacionadas a los parámetros físico químicos y a las condiciones de sustrato y hábitat de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Tal suceso es apoyado por (Norma G., 2016), realizado en la microcuenca Sanapal de la provincia de Cotopaxi, Ecuador donde, obtuvo como resultado que los puntos de muestreo cultivo agrícola septiembre y noviembre (0,379) seguido del cultivo agrícola noviembre y bosque septiembre

(0,387) presentaron menor similitud entre los sitios, en función de las familias de macroinvertebrados encontradas debido a las condiciones ambientales de los sitios durante los meses de muestreo (15).

**Tabla 10:** Similitud de familia de macroinvertebrados por estaciones de muestreo.

Usos de Suelos	Agrícola a-A	Agrícola a-B	Agrícola a-C	Mina -A	Mina -B	Mina -C	Urban o-A	Urban o-B	Urban o-C	Bosqu e-A	Bosqu e-B	Bosqu e-C	Pastiza l-A	Pastiz al-B	Pastiza l-C
<b>Agrícola-A</b>	1	0,7143	0,4000	0,272	0,272	0,300	0,3333	0,3000	0,3750	0,4444	0,4444	0,4444	0,3750	0,2000	0,5000
				7	7	0									
<b>Agrícola-B</b>		1	0,5000	0,200	0,090	0,222	0,2500	0,2222	0,2857	0,3750	0,3750	0,3750	0,2857	0,2500	0,4286
				0	9	2									
<b>Agrícola-C</b>			1	0,272	0,166	0,300	0,3333	0,4444	0,2222	0,3000	0,3000	0,3000	0,2222	0,3333	0,3333
				7	7	0									
<b>Mina-A</b>				1	0,555	0,444	0,5000	0,4444	0,5714	0,4444	0,3000	0,3000	0,3750	0,7143	0,5000
					6	4									
<b>Mina-B</b>					1	0,625	0,3333	0,3000	0,2222	0,1818	0,1818	0,1818	0,2222	0,3333	0,3333
						0									
<b>Mina-C</b>						1	0,3750	0,3333	0,2500	0,2000	0,3333	0,3333	0,4286	0,5714	0,3750
<b>Urbano-A</b>							1	0,8333	0,5000	0,3750	0,2222	0,2222	0,2857	0,4286	0,4286
<b>Urbano-B</b>								1	0,4286	0,3333	0,2000	0,2000	0,2500	0,3750	0,3750
<b>Urbano-C</b>									1	0,6667	0,4286	0,4286	0,6000	0,5000	0,5000
<b>Bosque-A</b>										1	0,7143	0,7143	0,4286	0,3750	0,3750
<b>Bosque-B</b>											1	1,0000	0,6667	0,3750	0,2222

<b>Bosque-C</b>	1	0,6667	0,3750	0,2222
<b>Pastizal-A</b>		1	0,5000	0,2857
<b>Pastizal-B</b>			1	0,4286
<b>Pastizal-C</b>				1

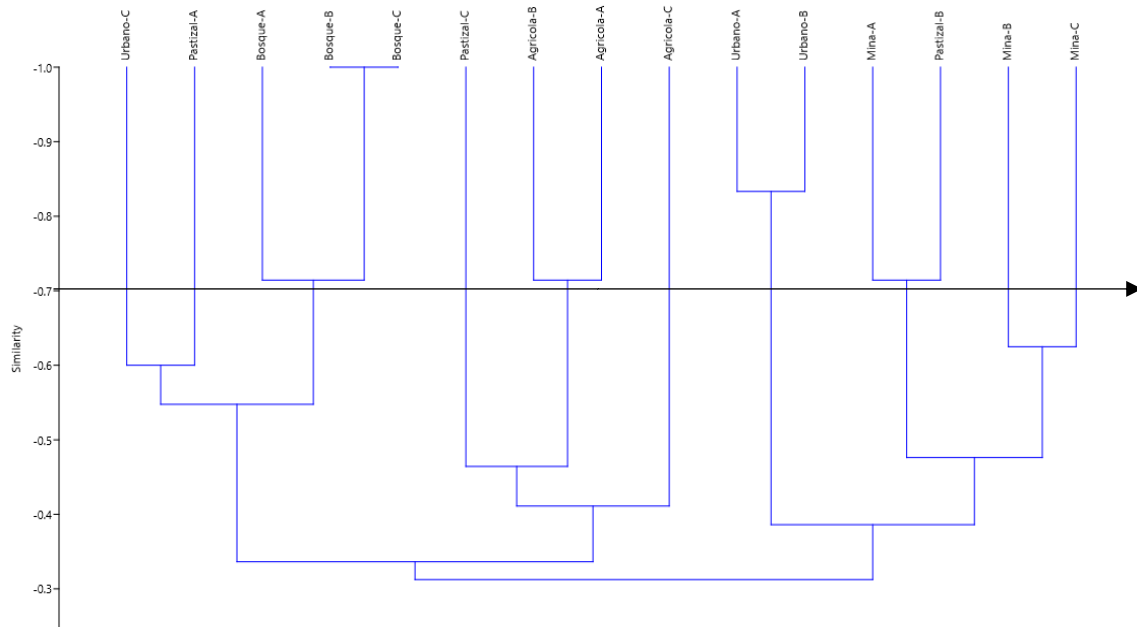
**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

En la figura 5 se muestra el análisis de clúster en cada una de las estaciones de muestreo indicando que existe similitud entre 4 grupos por encima de 0,70 (70%), como Bosque C, B y A, agrícola B y A, urbano A y B, mina A y pastizal C; mientras que de menor similitud están Mina B y C, Urbano C, Pastizal A y C y agrícola C, es decir que la formación de comunidades acuáticas es más distante y menos parecida.

Resultados parecidos reporto (María I., 2019), el estudio “Efectos de la calidad del agua y del sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur”, encontrándose que para ambas épocas existieron cinco agrupamientos principales con diferencias entre especies de un 80% durante la época seca y un 70 % en la época lluviosa (22).

**Figura 5:** Análisis Clúster en las estaciones de muestreo



**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**4.2. Objetivo 2:** Calidad del agua mediante la aplicación de parámetros y el Índice BMWP-Cr.

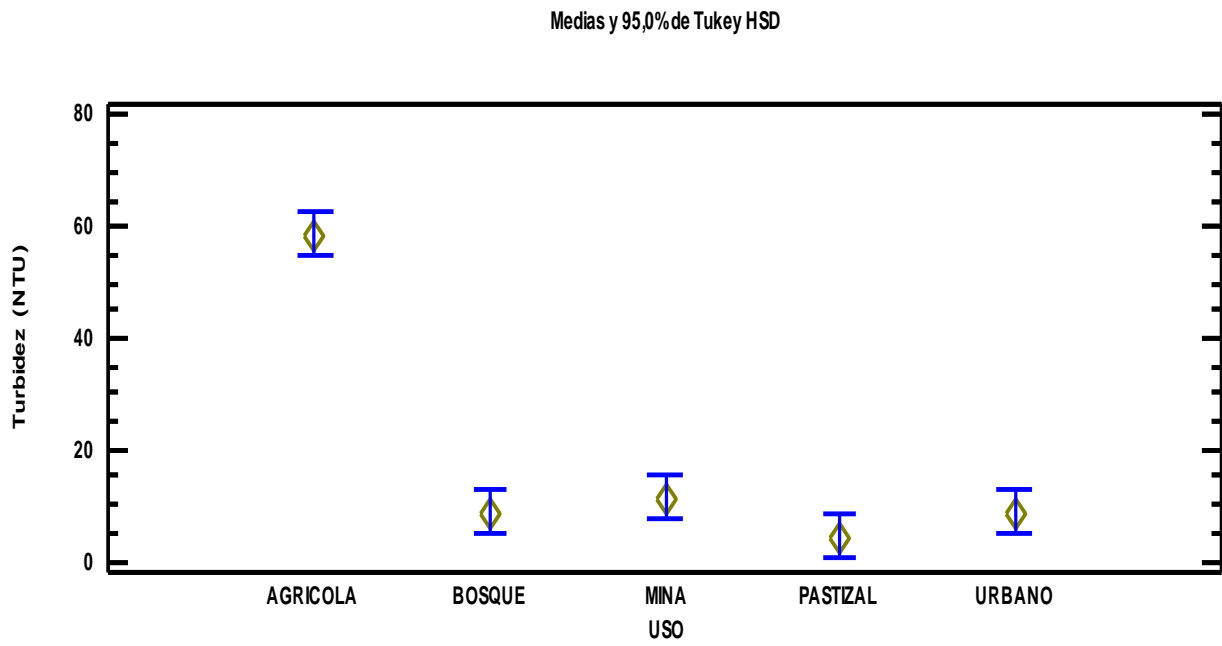
#### **4.2.1. Parámetros físico-químicos.**

##### **4.2.1.1. Turbidez.**

Mediante el estudio ANOVA de la turbidez, obtenidos de los parámetros de los usos suelos, se muestra cómo se descompone la variancia de turbidez (NTU) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), donde la razón-F, (142,75) es el cociente entre el estimado entre grupos y dentro de los grupos. Puesto que el valor-P (0,0001) de la prueba-F es menor que 0,05 para cual existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Turbidez (NTU), y entre un nivel de USO DE SUELO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza; referente a los rangos comparación múltiples. Las “X” que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo en cuenta que la media mayor se encuentra sector agrícola con 58,61% y de menor el uso de suelo pastizal con una representación de 4,36%, valores que pueden ser visualizados en la figura 6.

Es importante señalar que solo el porcentaje del sector de uso de suelo agrícola, sobrepasa los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico por el TULSMA. Resultados similares muestra el caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina” reportada por Carolina (2016), donde la turbidez siempre estuvo por debajo de cero (18).

**Figura 6:** Representación de las medias de los parámetros de turbidez para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

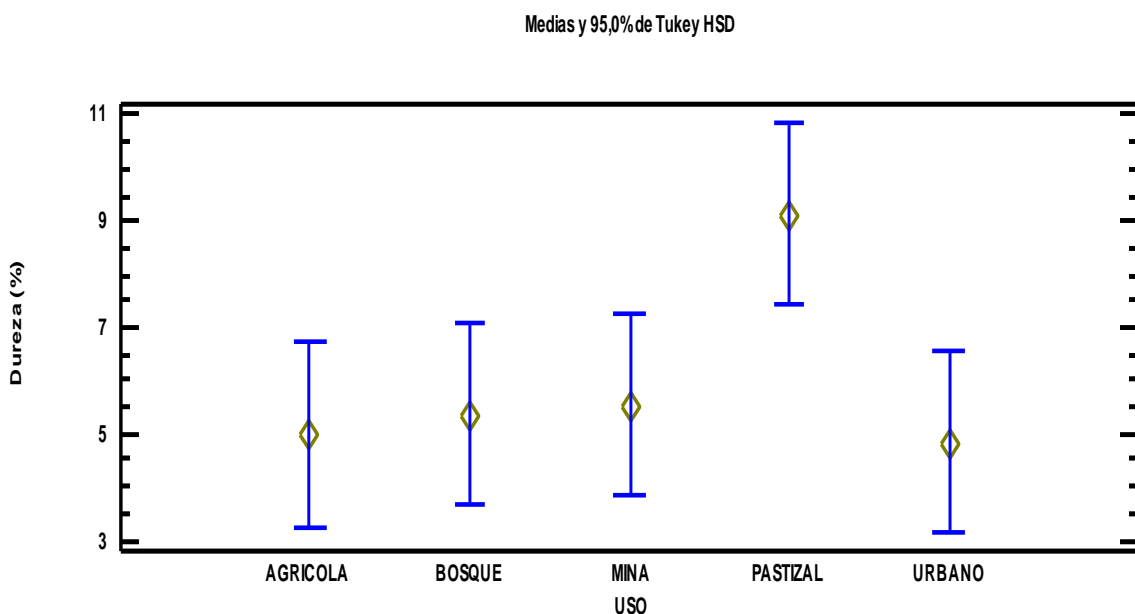
**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.1.2. Dureza.

Mediante el análisis de ANOVA de los parámetros de dureza (%), se muestra cómo se descompone la variancia en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), la razón-F, que en este caso es igual a 4,46, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0046), de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dureza (%) entre un nivel de USO DE SUELO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Referente a la comparación múltiples de rangos, solo existen diferencias estadísticamente significativas en el uso de suelo pastizal debido a que no comparte una misma columna de las “X”, no obstante, se muestra la media mayor en el uso de suelo pastizal con un valor de 9,14 y la menor en el sector urbano con una representación de 4,82 (Figura 7), lo que indica que no sobrepasan límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico. Derivaciones similares se hayan en el estudio de caso “patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina” reportada por Carolina (2016), donde indica valores máximos de 8,2 y mínimo de 8,1 indicando su crecimiento por el periodo seco (18).

**Figura 7:** Representación de las medias de los parámetros de dureza para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

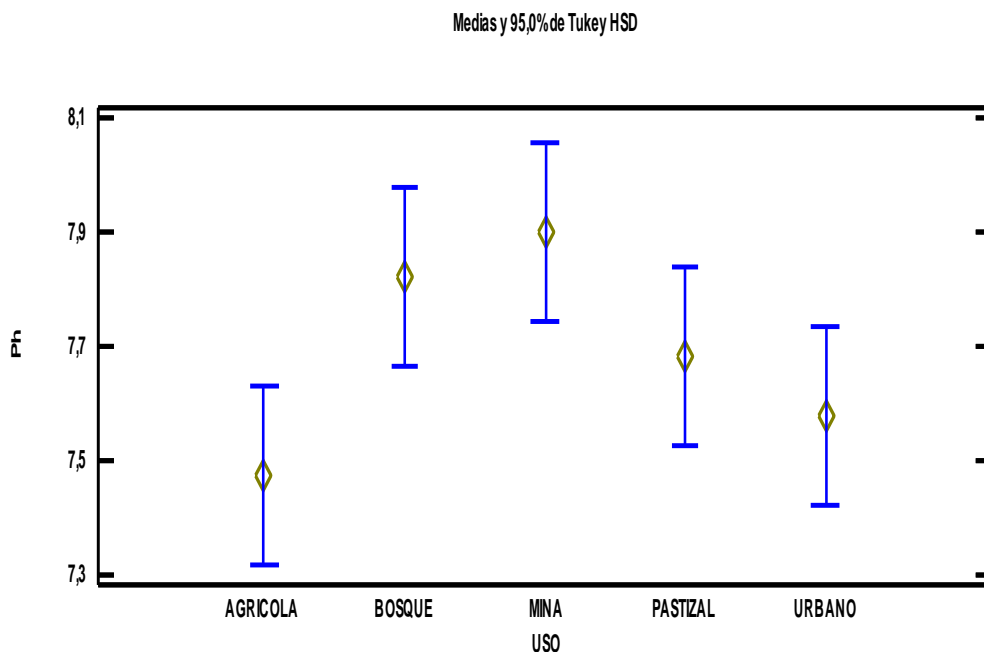
**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.1.3. Ph.

Mediante el análisis de ANOVA, se descompone la varianza de Ph en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), la razón-F, es igual a 5,01, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0023) de la prueba-F es menor que 0,05, por lo que existe una diferencia estadística significativa entre la media de Ph entre un nivel de USO DE SUELO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Referente a la comparación de rangos múltiples, se han identificado 2 grupos homogéneos en base a la alineación de las “X” en columnas, no obstante, se muestra que la media mayor se muestra con 7,90 para el uso de suelo mina y de menor para el uso de suelo agrícola con un valor de 7,46 lo que registra que no sobrepasa los límites de los criterios de calidad de agua para riego agrícola.

Resultados similares muestra Carolina (2016), en el caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina”, donde el pH también presentó variaciones entre sus estaciones de muestreo entre neutro o levemente alcalino. De acuerdo a su estación de muestreo el sector La vega 7 fue la más alcalina con un valor de 9, mientras que la vega 1 fue la más ácida con un valor de 3.8 (18).

**Figura 8:** Representación de las medias de los parámetros de Ph para los usos de suelos.



**Fuente:** Software Past 4

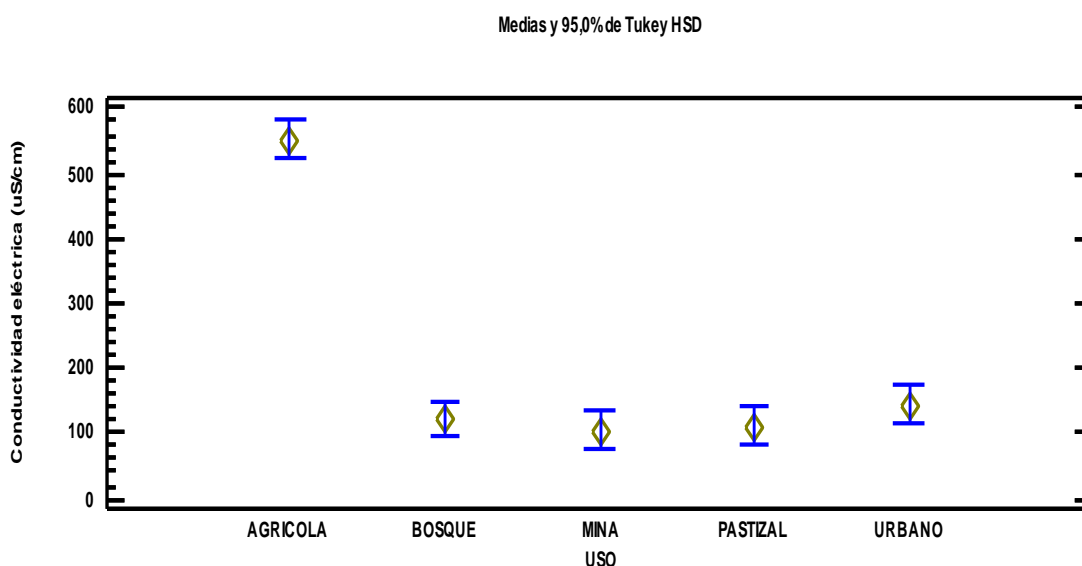
**Elaborado por:** Autor

#### **4.2.1.4. Conductividad Eléctrica.**

Mediante el análisis de ANOVA de la conductividad eléctrica de los parámetros establecidos de los usos de suelos (agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal), se descompone la varianza de Conductividad eléctrica (uS/cm) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), la razón-F (187,784), es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto, a que el valor-P (0,0001) de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Conductividad eléctrica (uS/cm) entre un nivel de USO DE SUELO y otro, con un margen de 95,0% de confianza. Referente a las pruebas de rangos múltiples, se han identificado 3 grupos homogéneos. No obstante, se muestra la media mayor el sector de uso de suelo agrícola con 553,22 lo que indica que se mantiene en un rango moderado y de menor el uso de suelo mina con 103,94 lo que no sobrepasa los criterios de calidad de agua para riego agrícola por el TULSMA (Figura 9).

Resultados similares mostró en el caso de estudio “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú” reportada por María (2016), lo cual menciona que, en la época lluviosa y seca del sitio de muestreo, sólo se detectaron diferencias significativas con un nivel de 95,0% de confianza para la conductividad (19). Por otro lado, resultados similares reportó Carolina (2016), en el caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina”, donde la conductividad presentó valores mínimos de 126  $\mu$ S/cm en la estación de muestreo vega 2 y con valores máximo de 605  $\mu$ S/cm en el sitio de la vega 6 (18).

**Figura 9:** Representación de las medias de los parámetros de conductividad eléctrica para los usos de suelo.



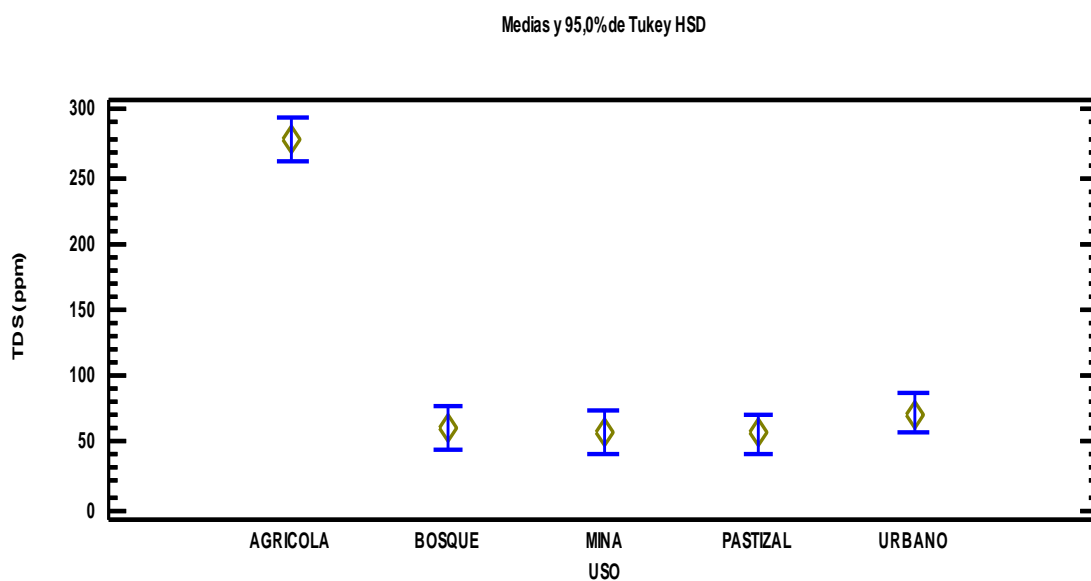
**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.1.5. TDS.

Mediante el estudio de ANOVA del TDS de todos los parámetros de los usos de suelos, muestra que se descompone la varianza de TDS (ppm) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), La razón-F (156,206), es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0001) de la prueba-F es menor que 0,05 lo cual muestra que existe una diferencia estadística significativa entre la media de TDS (ppm) entre un nivel de USO DE SUELO y otro, con un margen de 95,0% de confianza. Referente a las pruebas múltiples de rangos, se muestra que se han identificado 2 grupos homogéneos acorde a la alineación de las “X”, no obstante, la media con mayor representación es el sector agrícola con 278,33 y de menor el uso de suelo pastizal con un valor de 56,42 (Figura 10), y en comparación con los criterios de calidad de agua para riego agrícola, para consumo humano y uso doméstico no sobrepasa los límites permisibles por el TULSMA. Esto contrasta con lo reportado por Carolina (2016), en el caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina”, donde los sólidos totales disueltos mostraron en la estación de muestreo vega 2 y 5 valores mínimos de 0.08-0.12 mg/L y valores máximos de 0.39-0.47 mg/L (18).

**Figura 10:** Representación de las medias de los parámetros del TDS para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

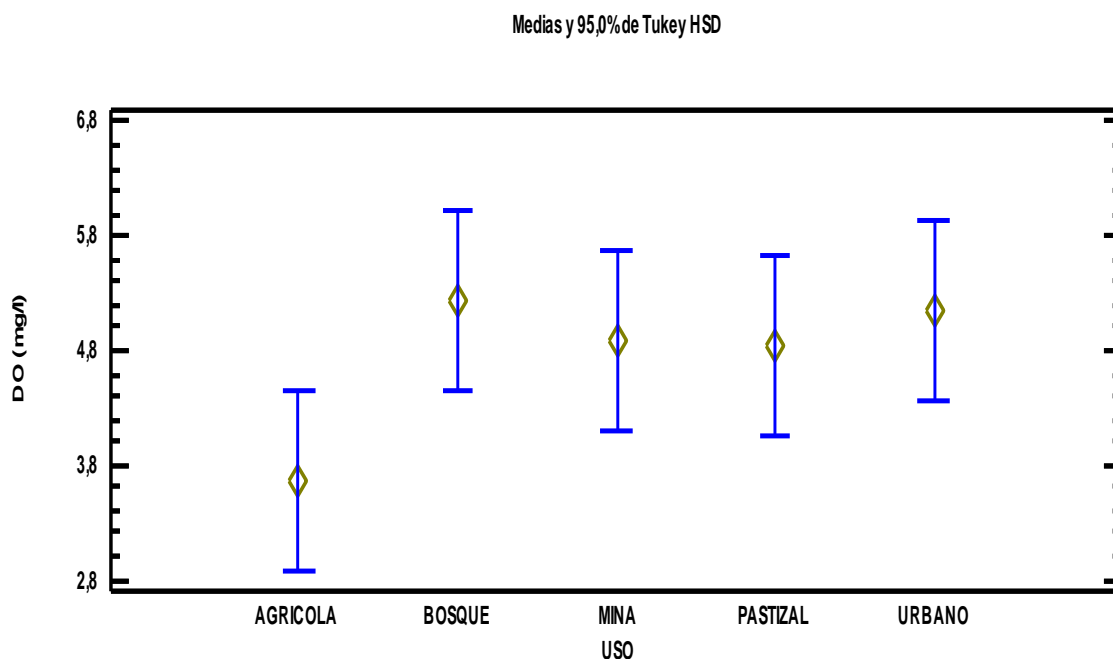
**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.1.6. OD.

Acorde al análisis de ANOVA del OD de los parámetros de los usos de suelos, se descompone la varianza de DO (mg/l) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), la razón-F, que en este caso es igual a 2,65 es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0472) de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DO (mg/l) y uso de suelo, con un nivel del 95,0% de confianza. Referente a la prueba de múltiples rangos, se han identificado 2 grupos homogéneos; obteniendo como media mayor la categoría de uso de suelo Bosque con un valor de 5,23 y de menor la de agrícola con un valor de 3,64 lo que indica que se encuentran apto para el uso de riego agrícola y no para uso de consumo (Figura 11).

Resultados similares reportó Santiago (2019), en el río Teusacá (Cundinamarca, Colombia), mostrando valores entre 2,03 y 3,8 mg/L; en la temporada de transición se evidenció mayor concentración en la estación con menor elevación, mostrando un rango entre 0,37 y 5,21 mg/L (21).

**Figura 11:** Representación de las medias de los parámetros de OD para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

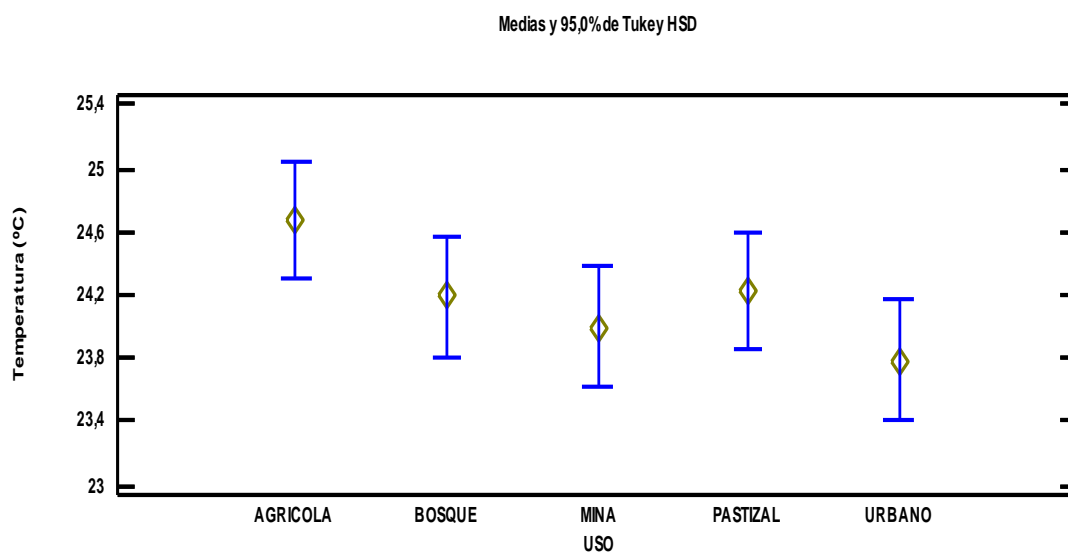
**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.1.7. Temperatura.

Acorde a los resultados obtenidos, mediante el análisis de ANOVA de las categorías de uso de suelo para la temperatura, se descompone la varianza de Temperatura (°C) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), La razón-F, que en este caso es igual a 3,098, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P (0,026) de la prueba-F es menor que 0,05, de tal manera que existe una diferencia estadística significativa entre la media de Temperatura (°C) y los usos de suelo, con un nivel del 95,0% de confianza. Referente a las pruebas múltiples de rangos, se identificaron 2 grupos homogéneos de acuerdo a la formación de las “X”; no obstante, la media mayor se encuentra en el sector agrícola con un valor de 24,6667 y de menor el uso de suelo urbano con 23,79 (Figura 12), la cual es aceptable en comparación a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.

Esto contrasta con lo reportado por Carolina (2016), en el caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina”, donde la temperatura del agua para su estudio fue variable entre los 20 °C (sitio de muestreo la vega 2) y 22 °C (sitio de muestreo la vega 4), durante el día (18).

**Figura 12:** Representación de las medias de los parámetros de turbidez para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

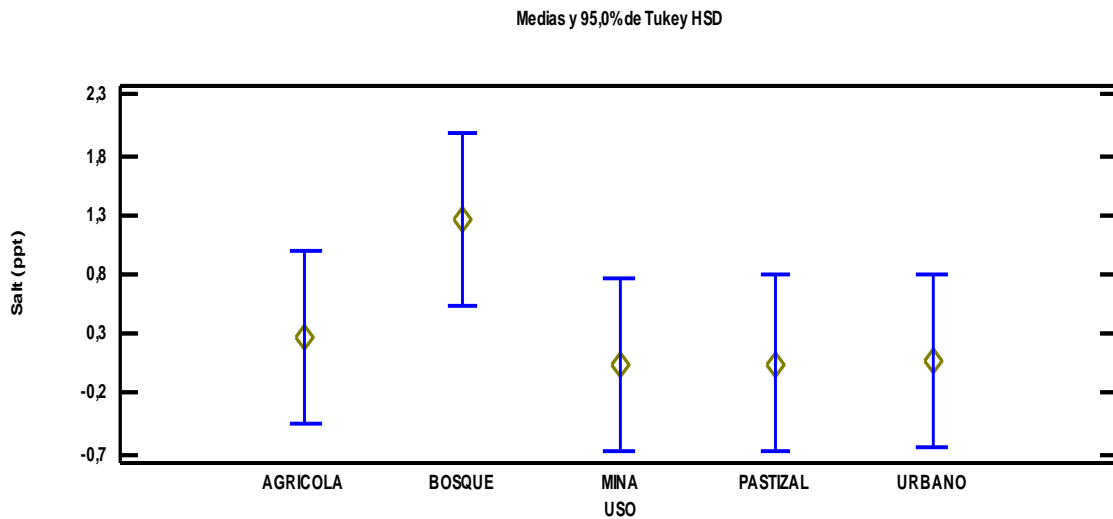
#### 4.2.1.8. Salinidad.

Mediante el análisis de ANOVA de la salinidad de los parámetros de los usos de suelos, se descompone la varianza de Salt (ppt) en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), la razón-F, (2,15) es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0918) de la razón-F es mayor o igual que 0,05 refiriendo que no existe una diferencia estadística entre la media de Salt (ppt) entre un nivel de uso de suelo y otro, con un margen del 95,0% de confianza. Referente a los rangos de pruebas múltiples, se han identificado 2 grupos homogéneos de acuerdo a la alineación de las “X”; teniendo como media mayor el uso de suelo bosque con 1,26 y de menor el uso de suelo mina con un valor de 0,053 (Figura 13), y en comparación los parámetros de calidad de agua de riego agrícola todos los valores de los usos de suelo a excepción del uso de suelo agrícola se encuentran en un grado de restricción ligero-moderado.

Resultados similares reporta Carolina (2016), en su caso de estudio “Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina” obteniendo valores mínimos de 100 mg/L para la estación de muestreo las vegas 2 y 5, y valores máximos de 400 mg/L en vegas 3 y 6 a diferencia que el análisis anterior esta expresado en ppm. Sin embargo, afirman que la salinidad es factor clave en la riqueza taxonómica:

cuando el nivel del agua aumenta, los valores de salinidad disminuyen produciendo una respuesta positiva en la riqueza taxonómica (18).

**Figura 13:** Representación de las medias de los parámetros de salinidad para los usos de suelo.



**Fuente:** Software Past 4

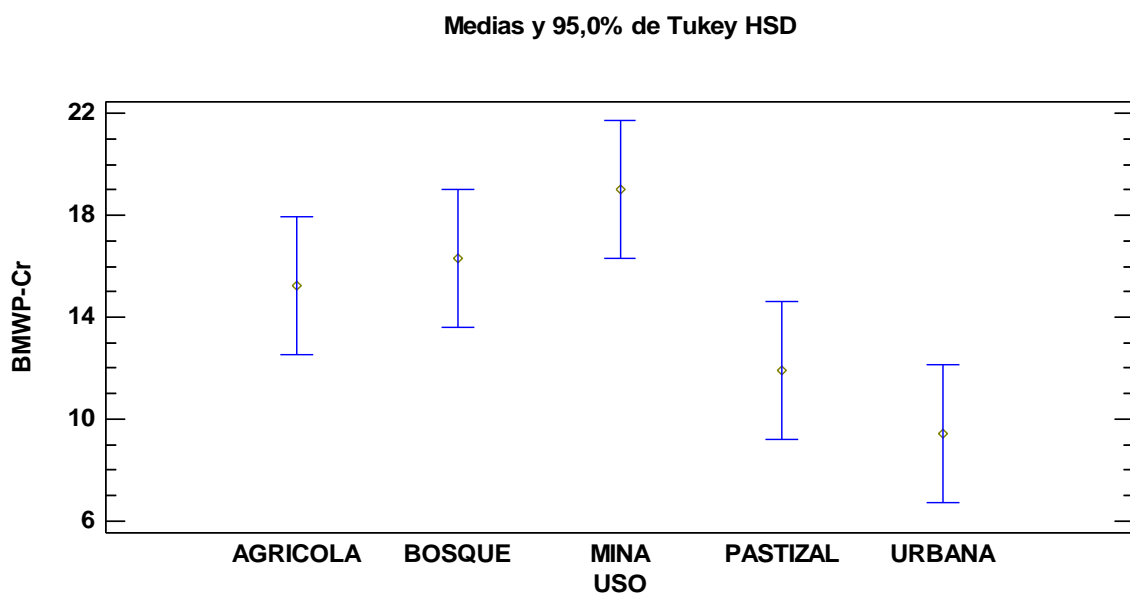
**Elaborado por:** Autor

#### 4.2.2. Aplicación del Índice BMWP- Cr.

Mediante el análisis de ANOVA aplicado para los resultados del índice BMWP-Cr para cada una de las categorías de usos de suelos, se descompone la varianza de BMWP-Cr en dos componentes (entre grupos y dentro de grupos), La razón-F (7,83), es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P (0,0001) de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadística entre la media de BMWP-Cr entre un nivel de uso de suelo, con un valor de 95,0% de confianza. En las pruebas múltiples de rangos, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las “X” en columnas, referente a las medias obtenidas; la mayor se encuentra en el uso de suelo mina con 19,0 seguido por el uso de suelo de Bosque con 16,33 lo que indica que ambas categorías contienen agua de calidad mala (contaminadas) mientras que el uso de suelo menor es urbano con 9,4 seguido por pastizal con una representación de 11,89 y agrícola con un valor de 15,22 lo cual representa que poseen aguas de calidad muy malas y extremadamente contaminadas comparadas con la tabla 3 (Figura 14).

Estudios similares en el caso de estudio “Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia)” reportada por Gutiérrez (2016) en la aplicación del índice BMWP, menciona que en sus puntos de estación La Elvira aparece con un puntaje de 134 (aguas muy limpias); Chuscales, por otro lado, posee aguas que son sólo de buena calidad, y no se encuentran alteradas, con un puntaje de 116 en cambio los resultados mostraron que las diferencias en las tasas de descomposición entre las quebradas analizadas, no pueden atribuirse específicamente a cambios en la composición, estructura o densidad de macroinvertebrados acuáticos sin embargo, recomiendan que se requieren más estudios para comprobar estos resultados (23).

**Figura 14:** Análisis del índice BMWP-Cr para los usos de suelo



**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### 4.3. Aplicación del Índice de ribera (QBR) e (IHF) en el estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.

A través de la aplicabilidad del índice de calidad de bosque de ribera (QBR) y índice del hábitat fluvial (IHF), se identificó las características de los sitios de estudios acordes a las figuras presentadas;

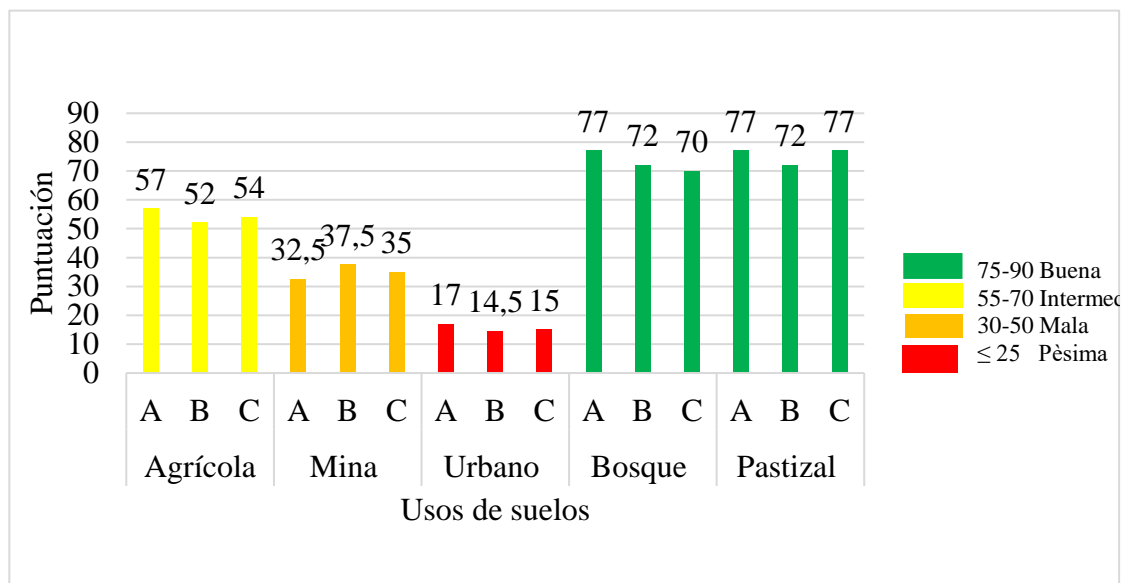
#### **4.3.1. Índice de Bosque de ribera (Agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal).**

Acorde a las derivaciones evaluadas en el índice de calidad de bosque de ribera (QBR), realizados en los meses de junio julio y agosto del 2021, se obtuvo información que se puede visualizar en la figura 15. En la categoría de Bosque presentó valores de 70 a 77, y la cobertura de pastizal se encontraron resultados de 72 a 77, lo que indica que ambas coberturas obtuvieron una calidad buena, es decir que estas se encuentran ligeramente perturbadas.

Mientras tanto en el sector urbano se encontraron valores de 14,5 a 17,5 lo cual indico una pésima calidad debido a que existe una degradación de las riberas de la microcuenca baja del río Quevedo.

Derivaciones similares del análisis interpretado anteriormente existen, en el estudio de caso “Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia)” reportada por Gutiérrez (2016)”indica que tiene poca diversidad en Chuscales y que puede estar asociada con la pérdida del bosque ribereño, que se relaciona, a su vez, con una disminución en el aporte de materia orgánica al cauce principal, lo que tiene por consecuencia, la pérdida inevitable de los hábitats de los macroinvertebrados (23). Lo que indica que este tipo de actividades antropogénicas producen cambios que perjudican los atributos ecológicos de esta comunidad.

**Figura 15:** Aplicación de índice de Bosque de ribera (QBR)



**Elaborado:** Autor

#### 4.3.2. Índice de Calidad del hábitat fluvial (Agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal).

La aplicabilidad del índice de calidad de hábitat fluvial (IHF), se realizó en tres puntos de muestreo de las coberturas de uso agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal del estero el barro de la microcuenca baja del río Quevedo, el mismo que se describe en la figura 16.

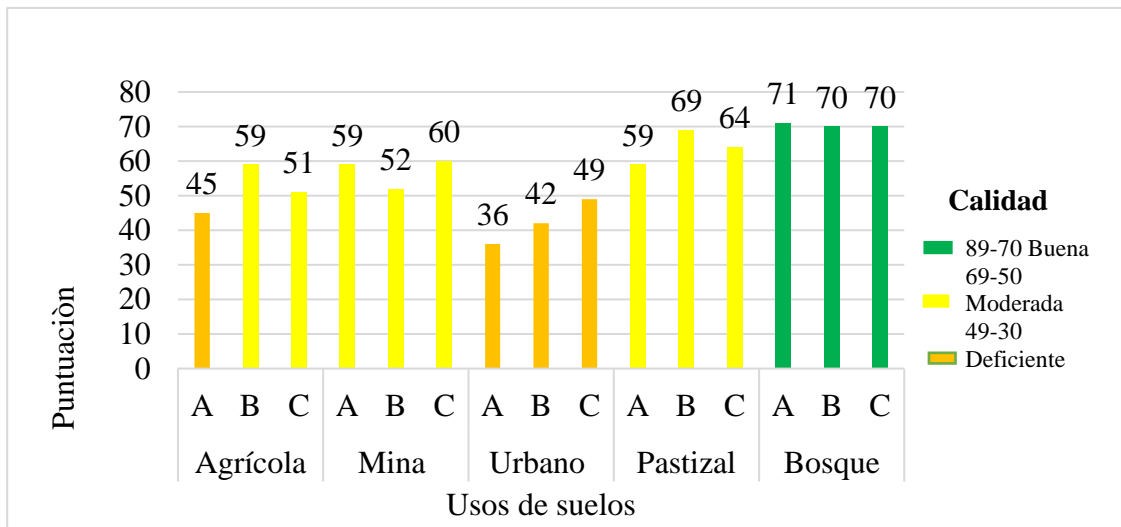
En la cobertura de bosque presentó valores de 70-71 lo que indica que tiene una interpretación buena, seguido por el uso de suelo pastizal, el cual obtuvo valores de 59-69 presentando una calidad de vegetación moderada.

Mientras tanto, en el uso de suelo de menor relevancia fue el sector urbano con resultados que varían entre 36-49 con una calidad deficiente debido a las actividades antropogénicas del hombre.

Análisis similares reporta (Jeymy W., 2020), en el estudio de caso “Composición y aspectos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos presentes en una microcuenca de cabecera en los Andes de Risaralda, Colombia”, donde muestra que los tramos evaluados se caracterizaron por la dominancia del sustrato rocoso, sobre todo del tipo de cantos rodados y grava, presentando óptimas condiciones para el hábitat fluvial (20).

La evaluación de índice de calidad fluvial, son claves referentes para confirmar la heterogeneidad espacial, en particular la estación de referencia, puede ser determinante para la presencia de los taxones de invertebrados (20). Es decir que en cuanto menor sea

ponderación del índice de calidad de hábitat fluvial (IHF), menor será la diversidad de hábitats.



**Figura 16:** Aplicación de índice de calidad de hábitat fluvial (IHF)

**Elaborado:** Autor

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones.

- ❖ Se logró establecer la diversidad y la estructura la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en la que se adquirió a recolectar un total de 1393 especies en relación a los cinco usos de suelos (agrícola, mina, urbano, bosque y pastizal), donde se identificaron 7 órdenes, 16 géneros y 15 familias. Siendo los géneros más representativos, *Pentaneura* agrícola y urbana, *Baetodes* Mina, bosque y pastizal con menor, los géneros *Camelobaetidius*, *Lutzomyia*, *Camelobaetidius* y *Erithrodiplox*. Cabe indicar que la presencia de ciertos macroinvertebrados en las estaciones de muestreos, se encontraron debido a las actividades antropogénicas provocadas por hombre. Por otro lado, en la aplicabilidad del índice Simpson se constató mediante el análisis de ANOVA que si existe diferencia estadística entre la comunidad de macroinvertebrados a diferencia de los índices de Shannon y Margalef en relación de los usos de suelos lo que indica que existe similitud entre la diversidad, heterogeneidad de especies dominantes de macroinvertebrados acuáticos.
  
- ❖ Mediante los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se analizó que en la Turbidez para el sector agrícola sobrepasa los límites permisibles acorde al TULSMA, sin embargo, para el oxígeno disuelto de todas las categorías, indican que se encuentran acta para el uso de riego agrícola pero no para uso de consumo humano. Por otro lado, mediante el análisis BMWP-Cr se determinó que los usos de suelo bosque y mina contienen agua de calidad mala mientras que los de urbano, pastizal y agrícola poseen aguas de calidad muy malas extremadamente contaminadas.
  
- ❖ La determinación del índice de calidad del hábitat fluvial (IHF) muestran condiciones aceptables en cuanto a heterogeneidad del cauce de los usos de suelos bosque, pastizal, mina y agrícola de tramo B y C mientras que la categoría de urbana y el punto A de agrícola se muestra deficiente. Por otro lado, el índice de la vegetación de la ribera (QBR) muestra condiciones aceptables para los usos de suelo agrícola, bosque y pastizal a diferencia que la categoría mina muestra su calidad mala y para la urbana pésima. Lo que indica que las actividades antropogénicas emitidas a su alrededor producen cambios que perjudican a los atributos ecológicos.

## **5.2. Recomendaciones.**

- ❖ Implementar programas de capacitación como medidas sustentables a las poblaciones que se encuentren cerca del estero El Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, sobre todo, en los sitios de muestreo agrícola y urbana, con el propósito de minimizar los impactos de contaminación al agua.
  
- ❖ Ejecutar futuras investigaciones con el fin de controlar los procesos de alteración de la de calidad de agua del estero el Barro de la microcuenca baja del río Quevedo.
  
- ❖ Establecer barreras protección de las riberas del estero El Barro de la microcuenca baja del río Quevedo, como medidas para salvaguardar la calidad de agua del río y a su vez, permitir aumentar el crecimiento de los macroinvertebrados acuáticos.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍAS Y ANEXOS**

## 6.1. Bibliografías.

1. Mayorga Mutre KD. Calidad Del Agua Y Estructura De La Comunidad De Macroinvertebrados Acuáticos De Los Esteros “El Limón”, “La S” Y “El Guayabo” Del Cantón El Empalme, Guayas-Ecuador. Univ Técnica Estatal Quevedo, Fac Ciencias Ambient. 2016;93.
2. Toro Rincón A. Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Quevedo, Ecuador. 2018;1–26.
3. Mancera Rodríguez NJ, Urdanigo JP, Díaz Ponce M, Tay-Hing Cajas C, Sánchez Fonseca C, Yong Benitez R, et al. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferente cobertura ribereña en del bosque Protector Murocomba, cantón Valencia, Ecuador. Rev Biol Trop. 2019;67(4):861–78.
4. Forero Pabón, Laura Camila; Mora Cuervo CA. RELACIÓN ENTRE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS BENTÓNICOS (MAB), MICROHÁBITATS Y BOSQUE RIPARIO EN LA ZONA ALTA DEL RÍO ACACÍAS- META. Angew Chemie Int Ed [Internet]. 2020;6(11):951–2. Available from: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28021/2020lauraforero?sequence=1>
5. Cepeda Cajas EL. Estructura Y Composición De La Comunidad De Macroinvertebrados Acuáticos Y Su Relación Con Los Usos De Suelo, En El Río Pumbo Grande, Cantón Pujilí, Ecuador. Univ Técnica Estatal Quevedo, Fac Ciencias Ambient [Internet]. 2018;97. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3170/4/T-UTEQ-0078.pdf>
6. Quiroz Fernández, Luis Santiago ; Izquierdo Kulich, Elena; Menéndez Gutiérrez C. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Rev Ing Hidráulica y Ambient [Internet]. 2017;38(3):41-51 p. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
7. Vega Chugchilán IJ. Relación entre los usos de suelos y los macroinvertebrados

- acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Pilalí, Cotopaxi, Ecuador. 2018;79. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3174/4/T-UTEQ-0082.pdf>
8. Fustamante Idrogo F. Evaluación del comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua de categoría III en la quebrada “San Mateo” - distrito de Chota, 2019. 2015;107. Available from: <http://181.65.155.170/bitstream/UNACH/138/1/INFORME DE TESIS.pdf>
  9. Roldán Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* 2016;40(155):254.
  10. Manuel Patricio CC. Estimación De La Calidad Del Agua Del Río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, Mediante Análisis De Bioindicadores. 2017;1–57. Available from: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=JpAzaQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=Universidad+internacional+sek&ots=b1fiWfTN1M&sig=1ApNXkS4mgpAW0E1YaNRSz6ixso>
  11. Montoya Moreno Y, Escobar Gutiérrez AF. Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Rev Politécnica* [Internet]. 2019;15(29):65–81. Available from: <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1477/1225>
  12. Madera LC, Angulo LC, Díaz LC, Rojano R. Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Inf Technol.* 2016;27(4):103–10.
  13. Villarreal Arcos MJ. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO PINDO GRANDE, SECTOR ESTACIÓN BIOLÓGICA PINDO MIRADOR, PROVINCIA DE PASTAZA. 2018.
  14. Nuñez JC, Fragoso Castilla PJ. Use of aquatic macroinvertebrates as an evaluation

- system for stabilizing El Salguero lagoon (Colombia). *Inf Tecnol.* 2020;31(3):277–84.
15. Guerrero Chuez NM. Evaluación del uso de suelo y su influencia actual en la calidad del agua de la microcuenca “ El Sapanal ” cantón Pan. Tesis. 2016;91.
  16. Motta Díaz Á, Ortega Corredor L, Niño Fernández Y, Aranguren Riaño N. Grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia). *Rev UDCA Actual Divulg Científica.* 2016;19(2):425–33.
  17. Castillo Velásquez RM, Huamantínco Araujo AA. Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú. *Rev Biol Trop.* 2020;68(1):50–68.
  18. Nieto C, Malizia A, Carilla J, Izquierdo A, Rodríguez J, Cuello S, et al. Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. *Rev Biol Trop.* 2016;64(2):747–62.
  19. Custodio Villanueva M, Cosme Chanamé F. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Sci Agropecu.* 2016;7(1):33–44.
  20. Walteros Rodríguez JM, Castaño Rojas JM. Composición y aspectos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos presentes en una microcuenca de cabecera en los Andes de Risaralda, Colombia. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Fis y Nat.* 2020;44(171):581–92.
  21. López Mendoza S, Huertas Pineda DF, Jaramillo Londoño ÁM, Calderón Rivera DS, Díaz Arévalo JL. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ing y Desarro.* 2020;37(2):269–88.
  22. Ibarra Arana MJ. Efectos de la calidad del agua y del sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur. *Rev Torreón Univ.* 2019;7(20):43–61.

23. Gutiérrez López A, Meza Salazar AM, Guevara G. Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia). *Hidrobiologica*. 2016;26(3)(3):347–57.
24. Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial 097-A. Libr VI, Anexo 4. 2015;184.

## 6.2. Anexos.

### 6.2.1. Anexo de Tablas.

**Tabla 11:** Puntaje que se le asignó a cada familia de macroinvertebrados de acuerdo a la BMWP-Cr.

PUNTAJE	FAMILIAS
1	<i>Syrphidae, Oligochatea</i>
2	<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae</i>
3	<i>Hydrophilidae PsychodidaeValvatidae; Hidrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; PlanorbidaeBithyniidae; Bythinellidae; SphaeridaeHirudea; Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae Asellidae</i>
4	<i>Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; NoteridaeDixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Cerapotogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Notonectidae; Calopterygidae; CoenagrionidaeCaenidaeHidracarina Pyralidae Hidropsychidae; Helicopsychidae Dryopidae; Hydraenidae;</i>
5	<i>Elmidae; Limnichidae Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarcyidae; Baetidae Crustacea Turbellaria</i>
6	<i>Libellulidae Corydalidae Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae Euthyplociidae; Isonychidae</i>
7	<i>Ptilodactylidae; Psephenidae; LutrochidaeGomphidae; Leslidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae Philopotamidae Talitridae; Gammaridae</i>

8	<i>Leptophlebiidae Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae</i>	<i>Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae Blaberidae</i>
9	<i>Polythoridae Blephariceridae; Athericidae Heptageniidae Perlidae Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae</i>	

**Fuente:** (Guerrero, 2016 ) (15).

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 12:** Límites permisibles por el TULSMA

<b>Criterios de calidad de agua para riego agrícola</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de calidad</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/l	3
<b>pH</b>	pH		6 - 9

**PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO**

<b>Problema potencial</b>	<b>Unidades</b>	<b>GRADO DE RESTRICCIÓN</b>		
		<b>Ninguno</b>	<b>Ligero Moderado</b>	<b>Severo</b>
<b>Salinidad</b>	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
<b>CE, SDT</b>	mg/l	450	450-2000	>2000
<b>pH</b>	Rango normal		6,5-8,4	

**Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección**

<b>Dureza</b>	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
<b>Oxígeno disuelto</b>	O. D	mg/l	Máximo 6 mg/l
<b>Turbiedad</b>		UTN	10
<b>Temperatura</b>	°C		Condición Natural +/- 3 grados
<b>Sólidos disueltos totales</b>		mg/l	500

**Fuente:** Ministerio del Ambiente, 2015 (24).

**Elaborado por:** Autor

## Índices de diversidad

**Tabla 13:** Relación de usos de suelo mediante índices de diversidad

<b>USOS</b>	<b>Simpson_1-D</b>	<b>Shannon_H</b>	<b>Margalef</b>
<b>AGRICOLA</b>	0.2844	0.5561	0.5285
<b>AGRICOLA</b>	0.482	0.9365	0.7792
<b>AGRICOLA</b>	0.5759	1.013	0.7976
<b>AGRICOLA</b>	0.4788	0.8397	0.4791
<b>AGRICOLA</b>	0.633	1.173	0.711
<b>AGRICOLA</b>	0.772	1.538	0.9447
<b>AGRICOLA</b>	0.5311	0.8889	0.5625
<b>AGRICOLA</b>	0.4892	0.8593	0.6139
<b>AGRICOLA</b>	0.4941	0.8676	0.5625
<b>MINA</b>	0.7375	1.356	0.8026
<b>MINA</b>	0.75	1.389	0.8656
<b>MINA</b>	0.6166	1.016	0.6379
<b>MINA</b>	0.7622	1.41	0.7928
<b>MINA</b>	0.7305	1.345	0.8026
<b>MINA</b>	0.6524	1.079	0.5581
<b>MINA</b>	0.7647	1.405	1.038
<b>MINA</b>	0.6105	0.9933	0.6676
<b>MINA</b>	0.6895	1.131	0.6676
<b>URBANO</b>	0.474	0.9174	0.7038
<b>URBANO</b>	0.4894	0.9011	0.7928
<b>URBANO</b>	0.4353	0.7197	0.5625
<b>URBANO</b>	0.5766	0.975	0.5539
<b>URBANO</b>	0.6377	1.053	0.6293
<b>URBANO</b>	0.1806	0.3341	0.2912
<b>URBANO</b>	0.498	0.6911	0.3189
<b>URBANO</b>	0.7778	1.437	1.019
<b>URBANO</b>	0.4427	0.6362	0.3189
<b>BOSQUE</b>	0.7222	1.172	0.9102

BOSQUE	0.7576	1.39	1.207
BOSQUE	0.6923	1.132	0.7578
BOSQUE	0.7291	1.322	0.8909
BOSQUE	0.5869	0.9422	0.6068
BOSQUE	0.5	0.8672	0.7797
BOSQUE	0.6937	1.221	0.8372
BOSQUE	0.7283	1.33	0.944
BOSQUE	0.6368	1.15	0.882
PASTIZAL	0.5303	0.7209	0.4024
PASTIZAL	0.5128	0.7047	0.3899
PASTIZAL	0.6324	1.031	0.7059
PASTIZAL	0.6731	1.23	0.8736
PASTIZAL	0.6798	1.118	0.5939
PASTIZAL	0.4583	0.6523	0.3607
PASTIZAL	0.5053	0.698	0.3338
PASTIZAL	0.6667	1.095	0.6213
PASTIZAL	0.6263	1.047	0.6676

Fuente: Software Past 4

Elaborado por: Autor

#### Análisis de ANOVA de los índices de diversidad

Tabla 14: ANOVA para Simpson\_1-D por USOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,29E+07	4	1,57E+07	3,34	0,0188
Intra grupos	1,88E+08	40	4,71E+06		
Total (Corr.)	2,51E+08	44			

Fuente: Software Past 4

Elaborado por: Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para Simpson\_1-D por USOS

**Tabla 15:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGRICOLA	9	3380,22	X
URBANO	9	4041,44	X
PASTIZAL	9	5872,22	X
BOSQUE	9	6163,78	X
MINA	9	6190,44	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 16:** ANOVA para Shannon\_H por USOS

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	1,01E+08	4	2,52E+07	2,23	0,0832
Intra grupos	4,53E+08	40	1,13E+07		
Total (Corr.)	5,54E+08	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para Shannon\_H por USOS

**Tabla 17:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
MINA	9	2088,33	X
BOSQUE	9	2592	X
PASTIZAL	9	2876,78	X

URBANO	9	5051,22	X
AGRICOLA	9	5911,67	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 18:** ANOVA para Margalef por USOS

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	1,56E+07	4	3,89E+06	0,59	0,6714
Intra grupos	2,64E+08	40	6,59E+06		
Total (Corr.)	2,79E+08	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Pruebas de Múltiple Rangos para Margalef por USOS**

**Tabla 19:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
URBANO	9	4748	X
PASTIZAL	9	5499	X
BOSQUE	9	5651	X
AGRICOLA	9	5932,33	X
MINA	9	6554	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

## Parámetros físico-químicos

**Tabla 20:** Parámetros físicos-químicos de los usos de suelo

PARÁMETRO	Turbidez (NTU)	Dureza (%)	Ph	Conductividad eléctrica (uS/cm)	TDS (ppm)	DO (mg/l)	Temperatura (°C)	Salt (ppt)		
<b>AGRÍCOLA</b>	<b>JUNIO</b>	A	52,69	5,00	7,31	490,00	245,00	5,40	23,70	0,24
		B	51,67	5,70	7,31	474,00	237,00	3,50	24,10	0,24
		C	53,92	5,10	7,33	471,00	236,00	2,70	24,10	0,23
	<b>JULIO</b>	A	55,16	5,80	7,56	542,00	271,00	4,00	24,10	0,27
		B	65,00	4,90	7,50	553,00	276,00	3,80	24,50	0,28
		C	53,58	4,00	7,54	546,00	272,00	4,00	24,80	0,27
	<b>AGOSTO</b>	A	65,82	5,80	7,78	638,00	319,00	3,50	25,40	0,33
		B	63,17	4,40	7,49	634,00	317,00	3,10	25,70	0,32
		C	66,51	4,10	7,40	631,00	332,00	2,80	25,60	0,33
<b>MINA</b>	<b>JUNIO</b>	A	27,59	10,90	7,87	98,70	49,70	5,10	24,20	0,05
		B	12,28	12,20	7,78	98,10	99,10	5,30	23,90	0,05
		C	16,93	7,30	7,80	98,00	49,30	5,60	23,80	0,05
	<b>JULIO</b>	A	9,69	2,60	8,23	99,40	49,90	5,20	23,30	0,05
		B	6,04	2,60	7,80	98,20	49,00	5,90	23,50	0,05
		C	5,13	2,90	8,20	100,10	52,00	5,00	24,10	0,05
	<b>AGOSTO</b>	A	7,03	3,20	7,63	117,90	59,00	3,80	24,10	0,06
		B	9,37	3,70	7,73	111,30	51,50	4,20	24,80	0,06
		C	6,79	4,50	8,06	113,80	56,90	3,80	24,30	0,06
<b>URBANO</b>	<b>JUNIO</b>	A	9,48	3,90	7,40	240,00	120,00	3,80	23,70	0,12
		B	16,92	2,90	7,68	91,90	46,00	6,30	22,80	0,05
		C	14,18	3,00	7,56	96,40	48,20	8,40	23,00	0,05
	<b>JULIO</b>	A	7,01	7,30	7,38	268,00	134,00	5,60	24,00	0,13
		B	4,17	4,90	7,90	111,20	55,70	5,10	24,30	0,06
		C	8,81	5,70	7,63	125,70	62,80	5,00	24,30	0,06
	<b>AGOSTO</b>	A	5,31	4,40	7,50	140,10	70,00	4,20	24,10	0,07
		B	5,91	5,20	7,51	116,30	58,20	4,10	23,90	0,06
		C	5,54	6,10	7,61	116,60	58,40	3,90	24,00	0,06

<b>BOSQUE</b>	<b>JUNIO</b>	<b>A</b>	5,26	5,50	7,98	112,60	56,30	6,30	24,70	0,06
		<b>B</b>	9,97	3,20	7,74	126,20	63,40	6,70	22,90	0,07
		<b>C</b>	22,21	6,60	7,50	148,20	74,20	5,70	24,30	0,08
	<b>JULIO</b>	<b>A</b>	3,89	2,90	8,75	93,60	47,00	6,90	24,10	0,05
		<b>B</b>	18,73	5,40	7,70	133,70	66,90	6,10	23,70	0,07
		<b>C</b>	4,92	9,00	7,92	108,00	54,00	4,80	24,30	0,06
	<b>AGOSTO</b>	<b>A</b>	2,79	5,10	7,79	119,40	59,60	3,60	24,70	0,06
		<b>B</b>	2,25	5,80	7,70	117,60	67,20	3,50	24,50	0,07
		<b>C</b>	6,58	4,70	7,32	134,40	67,20	3,50	24,50	0,07
<b>PASTIZAL</b>	<b>JUNIO</b>	<b>A</b>	4,60	6,70	7,62	103,90	51,90	5,30	24,00	0,05
		<b>B</b>	4,73	7,80	7,66	104,60	51,70	6,30	24,50	0,05
		<b>C</b>	4,83	7,60	7,65	109,20	54,30	7,20	24,10	0,06
	<b>JULIO</b>	<b>A</b>	5,28	11,50	7,92	108,00	54,00	4,80	24,30	0,06
		<b>B</b>	4,57	14,50	7,83	109,70	54,90	4,50	23,80	0,06
		<b>C</b>	5,46	15,20	7,86	110,50	55,30	4,60	23,50	0,06
	<b>AGOSTO</b>	<b>A</b>	2,98	6,00	7,49	116,60	67,20	3,50	24,50	0,07
		<b>B</b>	3,43	6,20	7,51	117,60	58,80	3,80	24,80	0,06
		<b>C</b>	3,35	6,80	7,59	116,90	59,70	3,60	24,50	0,06

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### **Análisis de ANOVA de los parámetros**

**Tabla 21:** Tabla ANOVA para Turbidez (NTU) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18539,1	4	4634,78	142,75	0,0001
Intra grupos	1298,75	40	32,4688		
Total (Corr.)	19837,9	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para Turbidez (NTU) por USO

**Tabla 22:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASTIZAL	9	4,35889	X
BOSQUE	9	8,51111	X
URBANO	9	8,59222	X
MINA	9	11,2056	X
AGRICOLA	9	58,6133	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 23:** ANOVA para Dureza (%) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	116,439	4	29,1097	4,44	0,0046
Intra grupos	262,418	40	6,56044		
Total (Corr.)	378,856	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza (%) por USO

**Tabla 24:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
URBANO	9	4,82222	X
AGRICOLA	9	4,97778	X
BOSQUE	9	5,35556	X

MINA	9	5,54444	X
PASTIZAL	9	9,14444	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 25:** ANOVA para Ph por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,11512	4	0,278781	5,01	0,0023
Intra grupos	2,22676	40	0,0556689		
Total (Corr.)	3,34188	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para Ph por USO

**Tabla 26:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGRICOLA	9	7,46889	X
URBANO	9	7,57444	XX
PASTIZAL	9	7,68111	XXX
BOSQUE	9	7,82222	XX
MINA	9	7,9	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 27:** ANOVA para Conductividad eléctrica (uS/cm) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,36E+06	4	339487	187,78	0,0001
Intra grupos	72314,1	40	1807,85		
Total (Corr.)	1,43E+06	44			

**Fuente:** Software Past 4**Elaborado por:** Autor**Pruebas de Múltiple Rangos para Conductividad eléctrica (uS/cm) por USO****Tabla 28:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
MINA	9	103,944	X
PASTIZAL	9	110,778	X
BOSQUE	9	121,522	X
URBANO	9	145,133	X
AGRICOLA	9	553,222	X

**Fuente:** Software Past 4**Elaborado por:** Autor**Tabla 29:** ANOVA para TDS (ppm) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	338330	4	84582,6	156,21	0,0001
Intra grupos	21659,3	40	541,482		
Total (Corr.)	359989	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para TDS (ppm) por USO

**Tabla 30:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASTIZAL	9	56,4222	X
MINA	9	57,3778	X
BOSQUE	9	61,7556	X
URBANO	9	72,5889	X
AGRICOLA	9	278,333	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 31:** ANOVA para DO (mg/l) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	14,8102	4	3,70256	2,65	0,0472
Intra grupos	55,9022	40	1,39756		
Total (Corr.)	70,7124	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

### Pruebas de Múltiple Rangos para DO (mg/l) por USO

**Tabla 32:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGRICOLA	9	3,64444	X
PASTIZAL	9	4,84444	X

MINA	9	4,87778	X
URBANO	9	5,15556	X
BOSQUE	9	5,23333	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 33:** ANOVA para Temperatura (°C) por USO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,81467	4	0,953667	3,1	0,0259
Intra grupos	12,3133	40	0,307833		
Total (Corr.)	16,128	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Pruebas de Múltiple Rangos para Temperatura (°C) por USO**

**Tabla 34:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
URBANO	9	23,7889	X
MINA	9	24	XX
BOSQUE	9	24,1889	XX
PASTIZAL	9	24,2222	XX
AGRICOLA	9	24,6667	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Tabla 35: ANOVA para Salt (ppt) por USO**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9,99892	4	2,49973	2,15	0,0918
Intra grupos	46,41	40	1,16025		
Total (Corr.)	56,4089	44			

**Fuente:** Software Past 4**Elaborado por:** Autor**Pruebas de Múltiple Rangos para Salt (ppt) por USO****Tabla 36:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
MINA	9	0,0533333	X
PASTIZAL	9	0,0588889	X
URBANO	9	0,0733333	X
AGRICOLA	9	0,278889	X
BOSQUE	9	1,27556	X

**Fuente:** Software Past 4**Elaborado por:** Autor**Tabla 37: ANOVA para BMWP-Cr por USO**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	507,911	4	126,978	7,83	0,0001
Intra grupos	648,667	40	16,2167		
Total (Corr.)	1156,58	44			

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

**Pruebas de Múltiple Rangos para BMWP-Cr por USO**

**Tabla 38:** Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>USO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
URBANA	9	9,44444	X
PASTIZAL	9	11,8889	XX
AGRICOLA	9	15,2222	XX
BOSQUE	9	16,3333	XX
MINA	9	19	X

**Fuente:** Software Past 4

**Elaborado por:** Autor

## 6.2.2. Anexo de Figuras.

**Figura 17:** Fotografías de uso de suelo agrícola.



En la figura 17 se observa la recolección de macroinvertebrados acuáticos en el tramo A para el uso de suelo agrícola.

**Figura 20:** Fotografía de uso de suelo bosque.



En la figura 19 se observa las estaciones de muestreo para el uso de suelo Bosque.

**Figura 18:** Fotografías de uso de suelo mina.



En la figura 18 se observa las estaciones de muestreo para el uso de mina.

**Figura 19:** Fotografía de uso de suelo urbano.



En la figura 20 se observa las estaciones de muestreo para el uso de suelo urbano.

**Figura 21:** Fotografía de identificación de macroinvertebrados acuáticos.



En la figura 21 se observa los envases de las muestras de macroinvertebrados acuáticos para su identificación.

**Figura 23:** Separación de macroinvertebrados acuáticos.



En la figura 23 se observa macroinvertebrados acuáticos de género *Ishnura* y *Erithrodiplax*

**Figura 22:** Fotografía de uso de suelo pastizal.



En la figura 22 se observa la toma de temperatura en el tramo A estación de muestreo para el uso de suelo pastizal.

**Figura 24:** Análisis de los parámetros físicos-químicos.



En la figura 24 se observa la ejecución de los multiparámetros portátiles para medir la característica del agua.