



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

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

**Perfil del Proyecto de Investigación:**

**“INFLUENCIA DE LA AGRICULTURA EN LA ESTRUCTURA DE  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL ESTERO  
EL LIMÓN, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI”.**

**Autora:**

Yépez Navarrete Kenia Valeria

**Docente Auspiciante:**

Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc.

**Quevedo- Los Ríos- Ecuador**

**2021**

**INFLUENCIA DE LA AGRICULTURA EN LA ESTRUCTURA DE COMUNIDADES DE  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL ESTERO EL LIMÓN, CANTÓN PANGUA,  
PROVINCIA DE COTOPAXI.**

**2021**

# **DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **KENIA VALERIA YÉPEZ NAVARRETE**, declaro que el presente trabajo 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 trabajo de investigación según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional Vigente.

F. \_\_\_\_\_

**Kenia Valeria Yépez Navarrete**  
**C.C. # 094118303-0**

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

La suscrita, **Ing. MSc. NORMA GUERRERO CHUEZ**, docente de la carrera de Licenciatura en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Kenia Valeria Yépez Navarrete**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**INFLUENCIA DE LA AGRICULTURA EN LA ESTRUCTURA DE COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL ESTERO EL LIMÓN, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI**”, previo a la obtención del título de **Licenciada en Gestión Ambiental**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

F. \_\_\_\_\_

Ing. MSc. Norma Guerrero Chuez.

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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



## Document Information

---

Analyzed document	Valeria Tesis Urkund.docx (D96933233)
Submitted	3/2/2021 12:37:00 AM
Submitted by	Norma Guerrero Chuez
Submitter email	nguerrero@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	nguerrero.uteq@analysis.orkund.com

F. \_\_\_\_\_

Ing. MSc. Norma Guerrero Chuez.

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

“INFLUENCIA DE LA AGRICULTURA EN LA ESTRUCTURA DE COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL ESTERO EL LIMÓN, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI”.

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

**Aprobado por:**

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Francisca Contreras Mosquera, MSc.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Milton Cabezas Guerrero, PhD.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Óscar Prieto Benavides, PhD.

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios por nunca soltar mi mano y guiarme por el camino correcto en los momentos difíciles de mi vida, dándome valentía y fortaleza para cumplir con esta meta tan anhelada. ¡Gloria a Dios!*

*A mis padres, mis pilares fundamentales, quienes me ha acompañado en cada paso de mi vida, velando por mi bienestar y educación, brindándome palabras de aliento, de consuelo, y su entera confianza para lograr este objetivo. A mi familia y a mis queridos suegros, por que sin duda han estado en el día a día apoyándome de una u otra manera para que no desmaye en el camino.*

*A mi amado esposo Darwin Macías Cevallos, por su amor infinito, llenando de paz, tranquilidad y alegría mi vida, por dedicarme tiempo y apoyo incondicional para cumplir exitosamente este proyecto de investigación.*

*A mis queridos amigos y compañeros de saberes Julio Mendoza, Katy Varela y María José Plaza, quienes me han acompañado desde el inicio de esta maravillosa etapa, hasta la actualidad, demostrándome su amistad sincera. Guardando en mi corazón cada sonrisa, cada consejo y, sobre todo, el apoyo absoluto que me expresaron.*

*A mi querida UTEQ que me obsequió experiencias únicas en sus aulas de saberes con maestros altamente capacitados y a mis docentes queridos de la Facultad de Ciencias Ambientales gracias por sus conocimientos y paciencia para llevar a cabo esta meta. Pero en especial a la Ing. Norma Guerrero, Ing. Carolina Tay-Hing, y la Ing. Francisca Contreras, quienes me brindaron su amistad incondicional, sus palabras y abrazos de aliento, consejos y experiencias bonitas compartidas en cada momento, pero más que todo el respeto y valores inculcados en mí. ¡Cuán afortunada me siento de tenerlos en mi vida!*

*A mi directora de proyecto, y amiga Ing. Norma Guerrero, a quien agradezco con infinito cariño por el tiempo, conocimiento, paciencia y motivación durante el proceso de esta investigación.*

*A Gabriela Ganchozo, y a todas aquellas personas que no he podido mencionar, por extenderme su mano de ayuda en el momento que más he necesitado.*

*¡Muchas Gracias!*

**Kenia Valeria Yépez Navarrete.**

## **DEDICATORIA**

*Con profundo amor quiero dedicar este maravilloso logro a los seres más importantes en mi vida:*

*A mi Dios todopoderoso que me dio la vida, por demostrarme que si existes y que escuchas cada oración que sale de mi corazón, ¡eres tan real! Gracias por darme carácter y fuerza para solucionar y superar cada adversidad presentada en mi vida, por enseñarme que, con amor, perseverancia y mucha fe todo se puede.*

*A mis amados padres por demostrarme su amor y confianza a diario, por su motivación y apoyo incondicional, por perdonarme y no juzgarme, por creer en mí cuando nadie lo hacía, por formarme con valores y sobre todo por crear en mí el deseo de ser mejor que ayer.*

*A mi hermano Kevin, que, pese a nuestras diferencias, me ha apoyado de todas las formas posibles, incrementando mis ganas de superarme profesionalmente, por su amor y cariño.*

*A mi esposo amado, por ser la luz de mi vida, guiándome por el bien con paciencia y amor, por estar en lo próspero y en lo adverso. ¡Te Amo!*

***Kenia Valeria Yépez Navarrete.***

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La presente investigación se llevó a cabo en el estero el Limón, cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi, en los meses de noviembre-diciembre (2020) y enero- febrero (2021), con la finalidad de identificar la influencia de la actividad agrícola en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, para esto se establecieron tres tramos dentro del estero Las Damas seleccionado como punto de control, por la presencia de plantaciones agroforestales, a diferencia del estero el Limón identificado como sitio afectado por la presencia de uso de suelo agrícola. Para la valoración ecológica de los macroinvertebrados acuáticos presente en los puntos de muestreo, se aplicaron los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Simpson y similaridad de Jaccard); además se empleó el índice biológico para la determinación de la calidad hídrica mediante el índice BMWP-CR. En donde los resultados fueron obtenidos mediante el manejo del software estadístico PAST 4.0, en el cual, dichos valores ecológicos presentaron diferencias significativas entre los esteros Las Damas y EL Limón, mostrando el sitio de control los valores más altos dentro de los índices de diversidad, riqueza y dominancia de individuos acuáticos. El índice BMWP-Cr reflejó en sus resultados que el estero El Limón muestra calidad de agua buena, no contaminada pese a la presencia de actividades agrícolas, sin embargo, el estero Las Damas reveló que la calidad de agua es excelente debido a las plantaciones de bosques secundarios. En este proyecto investigativo se propone implementar una propuesta de plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón.

**Palabras claves:** Calidad de agua, macroinvertebrados acuáticos, índice biótico BMWP-Cr, Plan de Manejo.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

This research was carried out in the El Limón estuary, Pangua canton, Cotopaxi Province, in the months of November-December (2020) and January-February (2021), in order to identify the influence of agricultural activity on the structure of the aquatic macroinvertebrate communities, for this three sections were established within the Las Damas estuary selected as a control point, due to the presence of agroforestry plantations, unlike the El Limón estuary identified as a site affected by the presence of land use agricultural. For the ecological evaluation of the aquatic macroinvertebrates present in the sampling points, the ecological indices (Shannon, Margalef, Simpson and Jaccard similarity) were applied; In addition, the biological index was used to determine the water quality by means of the BMWP-CR index. Where the results were obtained by using the statistical software PAST 4.0, in which, said ecological values present significant differences between the Las Damas and EL Limón estuaries, showing the control site the highest values within the diversity indices, wealth and dominance of aquatic individuals. The BMWP-Cr index reflected in its results that the El Limón estuary shows good water quality, not contaminated despite the presence of agricultural activities, however, the Las Damas estuary, that the water quality is excellent due to the plantations of secondary forests. In this research project it is proposed to implement a management plan proposal for the recovery of water quality in the El Limón estuary.

**Keywords:** Water quality, aquatic macroinvertebrates, BMWP-Cr biotic index, Management Plan.

# TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
CERTIFICADO DE REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	v
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACION .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES .....	ix
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	x
TABLA DE CONTENIDO .....	xi
ÍNDICE DE MAPA.....	xiv
ÍNDICE DE TABLA .....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
CÓDIGO DUBLIN .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I.....	19
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.1. Problema de la Investigación .....	20
1.1.1. Planteamiento del problema .....	20
1.1.2. Formulación del problema.....	22
1.1.3. Sistematización del problema.....	22
1.2. Objetivos .....	23
1.2.1. Objetivo General.....	23
1.2.2. Objetivos Específicos .....	23
1.3. Justificación .....	24
CAPÍTULO II.....	25
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
2.1. Marco Conceptual.....	26

2.1.1	Ecosistema Acuático.....	26
2.1.2.	Ecosistema Lóticos .....	26
2.1.3.	Ecosistemas Lénticos.....	26
2.1.4.	Calidad de Agua .....	26
2.1.5.	Características Geomorfológicas.....	27
2.1.6.	Uso de Suelos .....	28
2.1.7.	Biomonitoreo.....	28
2.1.8.	Bioindicadores de la Calidad de Agua .....	28
2.1.9.	Macroinvertebrados Acuático.....	29
2.1.10.	Taxonomía de macroinvertebrados en las redes tróficas.....	29
2.1.11.	Métodos biológicos para determinar la calidad del agua .....	32
2.1.12.	Índice Biótico .....	33
2.2.	Marco Referencial.....	33
CAPÍTULO III .....		38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		38
3.1.	Localización.....	39
3.2.	Tipo de investigación.....	40
3.3.	Métodos de la investigación .....	40
3.4.	Fuentes de recopilación de información .....	41
3.5	. Diseño de la investigación .....	42
3.5.1.	Determinar las características hidromorfológicas del estero El Limón.....	43
3.5.2.	Caracterizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con respecto a la composición, riqueza, abundancia, y diversidad en el estero El Limón.	44
3.5.3.	Determinar la calidad del agua del estero El Limón mediante la aplicación del índice BMWP-Cr.....	48
3.5.4.	Implementar un plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón .....	50
3.6.	Instrumentos de investigación .....	50
3.7.	Tratamiento de datos.....	51
3.8.	Recursos humanos y materiales .....	51
CAPÍTULO IV .....		52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		52
4.1.	Determinar las características hidromorfológicas del estero El Limón .....	53

4.1.1.	Características Hidromorfológicas del estero El Limón.....	53
4.2.	Caracterizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con respecto a la composición, riqueza, abundancia, y diversidad en el estero El Limón.....	55
4.2.1.	Presencia/ausencia de los macroinvertebrados acuáticos .....	55
4.2.2.	Diversidad de entomofauna en los esteros El Limón y Las Damas .....	61
4.2.3.	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.	73
4.3.	Determinar la calidad del agua del estero El Limón, mediante la aplicación BMWP-Cr.....	76
4.3.1.	Aplicación del índice biológico (BMWP-Cr) en los esteros El Limón y Las Damas	76
4.3.2.	Calidad de agua mediante la aplicación del índice biológico BMWP-Cr con respecto a los usos de suelos en los esteros El Limón y Las Damas del cantón Pangua.	77
4.4.	Implementar un plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón .....	78
4.4.1.	Título de la propuesta .....	78
4.4.2.	Introducción.....	78
4.4.3.	Justificación .....	79
4.4.4.	Fundamentación .....	79
4.4.5.	Objetivos.....	79
4.4.6.	Importancia.....	80
4.4.7.	Ubicación Sectorial y Física.....	80
4.4.8.	Factibilidad .....	80
4.4.9.	Plan de trabajo .....	88
4.4.10.	Actividades .....	89
4.4.11.	Plan de prevención y mitigación de impactos .....	93
4.4.12.	Plan de Educación Ambiental.....	94
4.4.13.	Recursos Administrativos, financieros, tecnológicos.....	97
4.4.14.	Impacto .....	97
4.5.	Discusión de Resultados .....	98
CAPITULO V .....		102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		102
5.1.	Conclusiones.....	103
5.2.	Recomendaciones .....	104

CAPITULO VI.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	105
6.1. Bibliografía.....	106
CAPÍTULO VII.....	111
ANEXOS.....	111

## ÍNDICE DE MAPA

<b>Mapa 1.</b> Ubicación de las áreas de estudios y sitios de monitoreos.....	40
---	----

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Ubicación e información de los sitios de muestreo.....	44
<b>Tabla 2.</b> Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP-Cr.....	49
<b>Tabla 3.</b> Clases de calidad, significación de los valores del índice BMWP y colores a utilizar para las representaciones cartográficas.....	50
<b>Tabla 4.</b> Modelo de la estructura del plan de manejo ambiental para la recuperación y conservación del estero El Limón.....	50
<b>Tabla 5.</b> Materiales.....	51
<b>Tabla 9.</b> Presencia-ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los esteros "El Limón" y "Las Damas", Cantón Pangua.....	57
<b>Tabla 10.</b> Número de individuos encontrados en el estero El Limón.....	61
<b>Tabla 11.</b> Número de individuos encontrados en el estero Las Damas.....	62
<b>Tabla 12.</b> Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los esteros "El Limón" y "Las Damas" del Cantón Pangua.....	64
<b>Tabla 13.</b> Distribución de macroinvertebrados por sustratos y hábitat en el uso de suelo agrícola del estero El Limón, Cantón Pangua.....	68
<b>Tabla 14.</b> Distribución de macroinvertebrados acuáticos por sustrato y microhábitat en el estero Las Damas, Cantón Pangua.....	71
<b>Tabla 15.</b> Aplicación de los índices de diversidad, dominancia y riqueza.....	74
<b>Tabla 16.</b> Similaridad de familia de macroinvertebrados en los puntos de muestreo.....	75
<b>Tabla 17.</b> Planificación de Trabajo de la propuesta de Plan de Manejo para la mejora y recuperación del estero El Limón, Cantón Pangua.....	88
<b>Tabla 18.</b> Programas y Plan de Manejo Ambiental propuestos para la recuperación del estero El Limón.....	89

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Variación del caudal en el estero EL Limón. ....	53
<b>Gráfico 2.</b> Velocidad de la corriente en el estero El Limón .....	54
<b>Gráfico 3.</b> Variación de profundidad en el estero El Limón.....	55
<b>Gráfico 4.</b> Análisis Clúster en los sitios de muestreo .....	75
<b>Gráfico 5.</b> Aplicación del índice BMWP-Cr para cada mes monitoreado .....	77
<b>Gráfico 6.</b> Índice BMWP-Cr para los esteros.....	78

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Árbol de problemas del estero El Limón.....	112
<b>Anexo 2.</b> Análisis Estadísticos de los resultados en el software PAST 4.0 .....	113
<b>Anexo 3.</b> Aplicación del índice biológico para los esteros El Limón y Las Damas, en sus meses de estudios. ....	114

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	“Influencia de la Agricultura en la Estructura De Comunidades de Macroinvertebrados Acuáticos del estero El Limón, Cantón Pangua, Provincia De Cotopaxi”.
<b>Autor:</b>	Yépez Navarrete Kenia Valeria
<b>Palabra clave:</b>	Calidad de agua, macroinvertebrados acuáticos, índices ecológicos, BMWP-Cr, Plan de Manejo.
<b>Fecha de publicación:</b>	Marzo, 2021.
<b>Editorial:</b>	UTEQ
<b>Resumen:</b>	<p><b>Resumen:</b> La presente investigación se llevó a cabo en el estero el Limón, cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi, en los meses de noviembre-diciembre (2020) y enero- febrero (2021), con la finalidad de identificar la influencia de la actividad agrícola en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, para esto se establecieron tres tramos dentro del estero Las Damas seleccionado como punto de control, por la presencia de plantaciones agroforestales, a diferencia del estero el Limón identificado como sitio afectado por la presencia de uso de suelo agrícola. Para la valoración ecológica de los macroinvertebrados acuáticos presente en los puntos de muestreo, se aplicaron los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Simpson y similitud de Jaccard); además se empleó el índice biológico para la determinación de la calidad hídrica mediante el índice BMWP-CR. En donde los resultados fueron obtenidos mediante el manejo del software estadístico PAST 4.0, en el cual, dichos valores ecológicos presentaron diferencias significativas entre los esteros Las Damas y EL Limón, mostrando el sitio de control los valores más altos dentro de los índices de diversidad, riqueza y dominancia de individuos acuáticos. El índice BMWP-Cr reflejó en sus resultados que el estero El Limón muestra calidad de agua buena, no contaminada pese a la presencia de actividades agrícolas, sin embargo, el estero Las Damas reveló que la calidad de agua es excelente debido a las plantaciones de bosques secundarios. En este proyecto investigativo se propone implementar una propuesta de plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón.</p>
<b>Descripción:</b>	
<b>URL:</b>	

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso renovable pero finito, lo cual su disponibilidad lo hace esencial para la vida y el desarrollo económico de cualquier región del mundo. En la actualidad existe un aumento de interés en la preservación de los ecosistemas marinos, sin embargo, en América Latina se evidencia un constante deterioro de los mismos debido al aumento de la explotación y contaminación de las aguas (1).

Ecuador es un país biodiverso y poseedor de numerosos ecosistemas dulceacuícolas en su territorio, que varían de localización desde las zonas altoandinas hasta las regiones tropicales. Sin embargo, la mayoría de ellos se encuentran amenazados por actividades productivas que emiten efectos negativos a la calidad de los ecosistemas marinos, llegando a ser la agricultura una de las actividades más influyentes y de la cuales más uso se hace causando problemas ambientales severos por el uso constante de químicos como fertilizantes y pesticidas, además, el crecimiento acelerado de la población, la urbanización e industrialización son las causas principales de contaminación y de afectación directa a fuentes hídricas (2).

La calidad del agua puede ser evaluada mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad, manifestando en primer plano las características biológicas y físicas-químicas propias del lugar, en donde se acumulan los efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos naturales. Existen diversos grupos de organismos vivos que muestran adaptaciones progresivas en condiciones ambientales determinadas y a su vez evidencian límites de tolerancias a diferentes (3).

Una de las herramientas más importantes para la evaluación de la calidad del agua es la utilización de los macroinvertebrados acuáticos, ya que, se manifiestan ante las alteraciones producidas por las diferentes actividades antropogénicas en los ecosistemas dulceacuícolas debido a la sensibilidad por contaminación orgánica y deterioro ambiental; debido a su excelente potencial como bioindicadores de calidad del agua, estos

macroinvertebrados son significativos en la evaluación ambiental del ecosistema acuático (4).

El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha ido generalizando alrededor del mundo, debido a la estrecha relación que existe entre las comunidades de macroinvertebrados y el ambiente acuático, ya que estas varían cuando las situaciones ambientales cambian. En los últimos 10 años, en Ecuador, el uso de éste método ha crecido de manera exponencial, esto principalmente debido a que la combinación del análisis de macroinvertebrados con la experimentación de parámetros físico-químicos ha dado resultados altamente efectivos en cuanto a calidad de agua se refiere (5).

Dada la importancia que desempeñan los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, este proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de afectación a la estructura y composición de los macroinvertebrados, influenciados por las actividades agrícolas presente en el estero el Limón del Cantón Pangua, mediante la aplicación del índice de diversidad (Shannon -Weaver, Simpson, análisis Clúster y Margalef) e índice biótico BMWP-Cr para la correspondiente determinación de la calidad del agua, siendo ésta la base para la elaboración de una propuesta de plan de manejo.

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la Investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

De acuerdo con Fernández 2012 (1), hace muchos, todos los recursos se consideran como disponibles para cualquier uso antrópico, sin tener presente la calidad para los usos ambientales. Cuando se consideró la distribución del agua, la agricultura aparece como el sector de mayor demanda ya que se destinan al uso agrícola afectando la calidad de este recurso, puesto que, influyen diversos factores como el uso de suelos y la utilización de sustancias químicas en cultivos alterando las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de aguas cercanos.

Las diversas actividades humanas como la agricultura, esparcimiento residencial, desarrollo de represas, entre otras; pueden desplegar cambios en las condiciones ambientales y afectar de manera directa a la presencia de macroinvertebrados acuáticos. La contaminación de las fuentes hídricas genera impactos negativos directos tales como la pérdida de biodiversidad que implica la minimización de resistencia, y desgaste ecológico (6).

El deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas más común en diversas localidades de Ecuador, debido al crecimiento poblacional que trae consigo factores contaminantes como actividades antropogénicas que originan afectaciones severas a las fuentes hídricas provocando el deterioro de las propiedades físicas-químicas y biológicas. En Ecuador, el crecimiento acelerado de la población e industrialización han ocasionado severos cambios ambientales provocando la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. En el Cantón Pangua, se evidenció que el uso de suelo para actividades agrícolas es una de las fuentes principales de contaminación hídrica, razón por la cual, este proyecto de investigación se llevó a cabo con la finalidad de valorar la calidad de agua el estero el Limón influenciadas por diferentes actividades agrícolas, mediante la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos utilizados como bioindicadores de calidad, cuyos resultados reflejaron las condiciones actuales del estero.

#### **1.1.1.1. Diagnóstico**

En el Cantón Pangua, los problemas ambientales se evidencian debido al inadecuado manejo de los recursos naturales (agua, aire y suelo), y la mala práctica en las actividades

agrícolas y ganaderas, debido a que muchos de sus habitantes hacen presiones constantes sobre estos recursos, llegando a su desgaste notoriamente.

Es importante mencionar que la contaminación del agua es uno de los problemas más visibles y por ende es el más inevitable debido a que la gran parte de las actividades diarias involucra este líquido vital. Pero el desarrollo de estos problemas surge con más gravedad cuando estas actividades emiten de forma directa y en ciertas ocasiones indirectamente residuos tóxicos a los cauces naturales de agua, los mismos que son utilizados para el uso doméstico de la población.

El estero el Limón, presenta afectaciones visibles en su ecosistema acuático debido a las actividades agrícolas desarrolladas alrededor del mismo, tomando en cuenta que se manifiestan también la ejecución de otras actividades conjuntas tales como actividades antropogénicas y actividades agropecuarias, por lo cual, se puede verificar que existen modificaciones severas hacia la calidad de agua y pérdida de comunidades de macroinvertebrados acuáticos, además de la afectación directa a la calidad de vida de los pobladores (Ver Anexo 1).

#### **1.1.1.2. Pronóstico**

La escasa conciencia ambiental y el poco conocimiento de alternativas ecológicas, ha llevado al ser humano a destruir y agotar con precisión los recursos naturales importantes para el desarrollo de la vida. El cambio evolutivo que se produce a la calidad hídrica debido al incremento de las actividades agrícolas afecta en general a los recursos naturales, como agua, aire y suelo, sin embargo, esta una de las actividades más dada en la localidad, puesto que la gran mayoría de sus moradores acuden a la misma como fuente de ingresos económicos.

Siendo así que esta actividad a largo plazo generaría en el estero el Limón grandes impactos negativos al ecosistema acuático, ocasionando alteraciones de los hábitats y la pérdida rigurosa de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos produciendo modificaciones en su estructura y composición dando como resultado la depreciación de datos importantes sobre el orden y familia de los macroinvertebrados presentes y la depreciación de la calidad de vida de los habitantes.

Además, esta dificultad perdurará con el pasar de los tiempos, volviéndose cada vez más complicado debido a que no existen fundamentos necesarios como base para la toma de

decisiones por parte de las autoridades competentes para la minimización de los problemas presentes o futuros y que las mismas prevengan enfermedades a los moradores.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo la actividad agrícola influye en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados del estero el Limón, cantón Pangua?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Cuáles son las características hidromorfológicas del estero el Limón?

¿Cómo las características de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el estero el Limón se ven afectadas por la actividad agrícola?

¿Cómo la aplicación del índice biológico, determina la calidad del agua en el estero el Limón ocasionado por las actividades agrícolas?

¿Se recupera la calidad del agua del estero El Limón mediante la implementación de un plan de manejo?

Ante ello, se plantean las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>**= El uso de suelo por actividades agrícolas en el estero El Limón, genera cambios en la calidad de agua y en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados de los ecosistemas acuáticos de estudio presente en el recurso hídrico.

**H<sub>A</sub>**= El uso de suelo por actividades agrícolas en el estero El Limón, no genera cambios en la calidad de agua y en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados de los ecosistemas acuáticos de estudio presente en el recurso hídrico.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la actividad agrícola en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del estero El Limón, cantón Pangua.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Determinar las características hidromorfológicas del estero El Limón.
  
- ❖ Caracterizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con respecto a la composición, riqueza, abundancia, y diversidad en el estero El Limón.
  
- ❖ Determinar la calidad del agua del estero El Limón, a través de la utilización del indicador BMWP-Cr.
  
- ❖ Implementar un plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón.

### **1.3. Justificación**

En Ecuador, las fuentes hídricas superficiales se hallan contaminadas gravemente y por ende su calidad disminuye con mayor proporción, siendo sus causas principales las actividades agrícolas y los productos que en ella se generan. Dicha contaminación incrementa significativamente ocasionando afectaciones severas para la salud de los pobladores como para el agua mismo (7).

Sin lugar a dudas, el agua es uno de los recursos más limitados debido a su escasez y contaminación, y su calidad puede variar significativamente de acuerdo al tipo de actividad que se ejecute en sus cercanías. El estero El Limón, del Cantón Pangua, se encuentra en una zona media, es decir una zona agro comercial, por lo cual sus moradores carecen de información acerca de diversidad de macroinvertebrados, y se esmeran en explotar los recursos existentes, por lo que es necesario emplear estudios investigativos completos que incluyan análisis ecológicos y biológicos con el propósito de estimar la calidad del agua en dicho estero.

Este proyecto tuvo como finalidad evaluar la influencia de las actividades agrícolas en la calidad hídrica del estero El Limón, empleando el uso del índice biológico y ecológico en cada zona de estudio. Por ello, la importancia del presente trabajo de investigación reside en la determinación del estado actual del agua del estero el Limón para indicar el grado de afectación que la cuenca hídrica a adquirido por el uso de suelo para las actividades agrícolas, utilizando las comunidades de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco Conceptual**

### **2.1.1 Ecosistema Acuático**

La vida en los ecosistemas acuáticos se ha afectados por dos grupos de factores bióticos y abióticos. El factor biótico alude a correlación que existe entre los diversos organismos del ecosistema, entradas, flujos de energías y zonas de ribera. Así mismo, en los factores abióticos aludiendo a la interacción entre variables climáticas, físicos-químicos y biográficos que contribuyen al ambiente en el cual se desarrollan los organismos acuáticos. Por otra parte, se puede caracterizar dos tipos de estos ecosistemas: marino, que se representan en aguas oceánicas, y dulceacuícolas que se muestran en aguas continentales como ríos, lagos, esteros (8).

### **2.1.2. Ecosistema Lóticos**

Posteriormente, de las transformaciones geotérmicas como la erosión y otros factores tales como sedimentos y sustratos, es donde se desarrollan el ecosistema lótico, cuyo proceso están siendo vigilados por el elemento agua, compuesto por un fenómeno causado por la unión del volumen del flujo con la pendiente. Los mismos que se califican por sus torrentes como quebradas o arroyos, donde se refleja su papel fundamental en la distribución de macroinvertebrados, pues que, se ajustan a mencionadas circunstancias (9).

### **2.1.3. Ecosistemas Lénticos**

Los ecosistemas lénticos, hace referencia a las aguas estáticas o estancadas tales como lagos o lagunas, normalmente son de hábitats lenticos con orígenes geomorfológicas, en la cual, manifiestos excesos de macroinvertebrados en las áreas ripiara presentando variedad en su hábitat para una enorme proporción de organismos vivos (9).

### **2.1.4. Calidad de Agua**

En la actualidad, el concepto de calidad del agua, se puede comprender a la reunión de una serie de parámetros que denotan que agua está disponible para ser usada en diversas actividades, desde el consumo humano, a ser utilizada para uso doméstico hasta el uso industrial. Para antes de eso, se deben cuantificar y comparar el índice de calidad, analizando sus características físicas, químicas y biológicas, en relación con normas internacionales que involucren variables diversas que establezcan sus condiciones

cuantitativamente. A escala mundial, por motivo del crecimiento poblacional ha surgido un desgaste de la calidad del agua, convirtiéndose en uno de los motivos más alarmantes para los científicos (10).

### **2.1.5. Características Geomorfológicas**

Para la obtención de las características geomorfológicas se emplea información cartográfica sobre la cobertura del uso de suelo y permeabilidad de la zona de estudio de investigación.

#### **2.1.5.1. Pendiente**

La variable pendiente, es de suma relevancia su investigación, puesto que, su indicador de velocidad media de la escorrentía y su fuerza de arrastre y de la erosión sobre la cuenca. Unos de los procedimientos más característicos para la evaluación es el muestreo aleatorio, a través de una cuadrícula; trasladando las correlaciones de la cuadrícula sobre el plano topográfico y calculando la pendiente por todos los puntos previamente escogidos (11).

#### **2.1.5.2. Caudal**

Se entiende como caudal al volumen del agua que recorre mediante una sección transversal del río en un tiempo determinado, que se explica por medio de los metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) o litros por segundos ( $l/s$ ) (12). El caudal del río traslada agua y residuos de desechos orgánicos e inorgánicos, teniendo una conducta diferente el uno del otro caudal de río. Cuando se menciona de caudal, se hace referencia a un caudal líquido. No obstante, pueden cambiar el tiempo y a lo largo del río, ya sea, un caudal líquido o caudal sólido (13).

#### **2.1.5.3. Ancho**

Es el fragmento de la zona investigada de la cuenca del río que comprende con similar distancia hidrológica a la salida de la hoya. Su principal función es incitar la figura numérica de nodos con similar disparidad de la salida, por ende, el número de unión a una distancia en especial a la salida (13).

#### **2.1.5.4. Profundidad**

La profundidad, se refiere al punto de fondo del emisario entre el sitio escogido como lugar de investigación, es por ello que, para un cauce menor a seis metros es recomendable

tomar medidas a la mitad de un metro y para cauces más anchos sus medidas a tomar serian de un metro (14).

Para arroyos estrechos (menos de 4 m), es preferible tomar medidas cada 0,25 m, para ríos más anchos cada metro. Ahora, para la profundidad que exceda en más de cinco veces el diámetro de la hélice, se recomienda establecer la velocidad a dos o más profundidades (15).

#### **2.1.5.5. Velocidad**

La velocidad en una sección de una corriente varia tanto transversalmente como en la profundidad, esta se mide en distintos puntos en una vertical. Para calcular la velocidad en un punto, se debe: colocar el instrumento a esa profundidad, medir el número de revoluciones y el tiempo (14).

#### **2.1.6. Uso de Suelos**

El uso del suelo, hace alusión a la caracterización de la utilización de la tierra en diversos sectores productivos, ya que, posee un inmenso poder en la distribución, en el curso de infiltración del agua en el suelo y vaporación por la consecuencia de la cobertura vegetal, lo cual, es causada por los grandes procesos de trasformaciones de a cobertura vegetal del suelo, motivada por la deforestación para establecimientos agrícolas y urbanización. La investigación y el análisis atribuye comprender los motivos y los resultados del desarrollo de degradación, desertificación disminución de la biodiversidad y la totalidad de la pérdida del capital natural y cultural (3).

#### **2.1.7. Biomonitorio**

El biomonitorio o también llamado monitoreo acuático, son un conjunto de empleadores variados para la valoración de la contaminación o las tensiones a las cuales se localizan dominados en un cuerpo de agua, por lo general suelen ser seleccionadas en relación al nivel de sensibilidad a concretos grados de perturbación ambiental (16).

#### **2.1.8. Bioindicadores de la Calidad de Agua**

Los indicadores biológicos o bioindicadores, son organismos que poseen la facultad de responder ante una variación en su habitat, es decir, estos seres vivos tienen la capacidad de valorar la contaminación de un sistema a través del tiempo. Estas transformaciones se

manifiestan en los cambios poblaciones, al hallarse y multiplicar especies vinculados con contaminantes en concretos y al desaparecer parcial o totalmente otras especies (3).

### **2.1.9. Macroinvertebrados Acuático**

Los macroinvertebrados, hace referencia a los invertebrados que se puede observar a primera vista, o también aquellos que son capturados por una red de malla de aproximadamente 125µm. No obstante, se pueden definir a los macroinvertebrados con base a su taxonomía, es por ello, que la distinción a simple vista es relativa o arbitraria. Este grupo tiene representantes en muchos filos de animales, entre ellos: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha. Ahora, se explica que diversos integrantes de los filos son minúsculos por que se le denomina parte de la familia de meiofauna (microcrustáceos y micromoluscos, muchos anélidos y nemátodos, entre otros) (17) .

#### **2.1.9.1. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos**

La importancia que tiene los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, ya que, forman parte de biomasa animal esencial en las distancias de diversos ríos, además de ser esencial para la transición de energía entre los recursos basales y los consumidores superiores de las redes tróficas. Por lo tanto, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos conllevan a consumir la materia orgánica elaborada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica proveniente del ecosistema terrestre, principalmente del bosque de ribera, y lo conducen a transportar a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos (18).

### **2.1.10. Taxonomía de macroinvertebrados en las redes tróficas**

#### **2.1.10.1. Orden Ephemeroptera**

Los macroinvertebrados de la familia Ephemeroptera en su taxonomía tiene en su aparato bucal masticador, que se ha minimizado a vestigios no esclerotizados en el adulto, puesto que, en dicha situación parte del aparato 16 digestivos está adaptado en un órgano aerostático lleno de aire, que perfecciona la flotabilidad durante el vuelo. En los adultos poseen cuatro alas membranosas, es por ello que, cuando se encuentran inmóvil o en descanso permanecen pegadas y en posición vertical sobre el tórax (19).

#### **2.1.10.2. Orden Plecoptera**

Los organismos de orden plecoptera o ninfas tienden a mostrar una pigmentación parda o amarillenta, a veces con zonas claras y oscuras en forma de manchas. La pilosidad del cuerpo es diversa, puesto que, están formadas por glabras como por distintos pelos con excesos de cerdas dispersas por alrededor del cuerpo o conformando franjas de sedas en las patas o en los cercos. Por otro lado, la cabeza se despliega desde prognata a la hipognata conforme a las familias. Del mismo modo, los ojos están localizados en la parte lateral, en la cual, están bien desarrollados. En el área frontal se ubica tres ocelos en todas las especies ibéricas, uno central y dos laterales. En algunos casos se observan la disminución de la longitud alar, braquipterismo, micropterismo o apterismo (20) .

#### **2.1.10.3. Orden Trichoptera**

En la Orden Trichoptera, tenemos a los insectos holometábolos que se encuentra vinculados con los lepidópteros y los adultos son similares a pequeñas polillas. Esta especie corresponde al conjunto de órdenes de insectos, por lo tanto, por lo general estos especímenes están sujetos al medio acuático para su desarrollo, sin embargo, disponen de palpos bien desarrollados. Por otro lado, sus alas tienen una cobertura de pelos en lugar de escamas, singularidad que le hace merecedor su apelativo. Diversas clases de tricópteros tienen antenas particularmente largas y en reposo sus alas generalmente se mantienen sobre su cuerpo. Haciendo alusión a su dimensión en los adultos tienen a cambiar de 2 a 30mm, y la mayor parte son de color oscuro (21) .

#### **2.1.10.4. Orden Odonata**

Los de orden odonata poseen un cuerpo dividido por la cabeza, tórax y abdomen. En este sentido, los odonatos son insectos predominantemente visuales, puesto que, en la zona de la cabeza se enfatizan particularmente sus vastos ojos compuestos, aproximadamente mayores a los anisópteros, pero más dispersos en las terminaciones de un apéndice en los zigópteros. Por otro parte, poseen las antenas, indefiniblemente pequeñas, los ocelos (en número de tres, situados en posición dorsal) y la boca (22).

#### **2.1.10.5. Orden Diptera**

En este orden suficientemente variado que engloba 3.433 géneros y alrededor de 24.000 especies. Hay un alto nivel de factibilidad de hallar larvas de Diptera en diversos tipos de hábitats, puesto que, alrededor del 50 % de las especies son acuáticas, en particular entre

los nematóceros y los grupos basales de Brachycera. Las larvas de esta orden se pueden lograr hallar en hábitats acuáticos como en ríos y riachuelos de todos los tamaños, con corrientes de velocidades variables y en distintas profundidades. La taxonomía de las larvas, en la zona de la cabeza que comprende desde la cápsula cefálica bien desarrollada y expuesta, como fragmento bucales ajustadas para morder y masticar (23).

#### **2.1.10.6. Orden Hemiptera**

Los organismos de la orden hemiptera, se los pueden encontrar en casi todos los hábitats, así mismo, especies que viven alrededor de las aguas superficiales de aguas oceánicas con mayor distancia a la costa. El proceso de transformación de las hemípteras es de metamorfosis sencilla, se puede decir que, tanto los hemípteras juveniles como los adultos tienden a tener un gran parecido y coexistir en el mismo hábitat (24).

#### **2.1.10.7. Orden Coleoptera**

Los coleópteros corresponden a un conjunto de insectos con metamorfosis completas u holometábolos, en la fase de pupa entre la larva y el adulto. Estos grupos de animales son la especie más conocidas por sus grandes diversidades ecológicas y morfológicas, puesto que, se han desarrollado en todos los ambientes habitables del planeta, a excepción en el mar abierto y las zonas más inhóspitas de los polos y zonas selváticas de las altas montañas. Posee particularidades excepcionales como: el desarrollo del primer par de alas en élitros esclerotizados, plegamiento de las alas membranosas longitudinal y transversal, reducción de todas las áreas membranosas determinando el tipo de venación de alas membranosas, sistema muscular torácico reduciendo las formas peculiares de la especie (25).

#### **2.1.10.8. Orden Megaloptera**

En la orden de Holometabola, se encuentra los Megaloptera cuyo grupo posee unas de las grandes y más espectaculares especies reconocidas de insectos. Las características taxonómicas en los adultos son las alas membranosas opacas; cabeza prognata, ojos salientes, piezas bucales bien desarrolladas, con mandíbulas fuertes, antenas largas y moniliformes, abdomen blando y flexible. Esta especie habita cerca de riachuelos y ríos por lo general que comprendan aguas limpias y frías. Existen exclusivamente dos familias: Corydalidae y Sialidae. Corydalidae cada una comprenden en nueve géneros y

más o menos 120 especies, divididas sobre todo en las regiones Oriental, Neártica y Neotropical (26).

### **2.1.11. Métodos biológicos para determinar la calidad del agua**

#### **2.1.11.1. Índice de Diversidad**

Para determinar la calidad del agua, mayormente se usa el índice de diversidad, puesto que, se focaliza en las alteraciones de la abundancia o la reducción de las especies como un modo de evaluar los impactos ambientales sobre las comunidades loticas. Para tomar una buena muestra con el uso del indicador de la diversidad investigando el nivel del deterioro del agua, depende de la complejidad de la estabilidad de la comunidad estudiada (3).

#### **2.1.11.2. Índice de Shannon-Wiener**

Este índice evalúa la información por cada individuo en pruebas conseguidas de forma aleatoria procedente de una comunidad grande, de la cual, se conoce el número total de especies  $S$ . Sin embargo, también se puede conceptualizar a la diversidad como una medida de medición con incertidumbres, puesto que, pronostica qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de  $S$  especies y  $N$  individuo (27).

#### **2.1.11.3. Índice de Margalef**

El biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef, propone el índice que lleva su mismo apellido Margalef, expone que: se estima que los valores por lo debajo de 2,0 son áreas de baja diversidad, frecuentemente son consecuencia de los antropogénicos, ahora, los valores de 13 y superior a 5,0 son considerados señalados como de alta biodiversidad. Dicha medida se utiliza en la ecología para medir las variedades de especies en una colectividad con procedencia numérica de los sujetos de las diversas especies con base al número de especies presente en la prueba estudiada, propiamente para evaluar el número de especies en una unidad de muestra (27).

#### **2.1.11.4. Índice de Simpson**

El índice de Simpson o índice de dominancia, hace alusión a la evaluación de la probabilidad de dos individuos escogidos de manera aleatoria corresponda a la misma especie y prevalezcan en abundancia (28). Este índice se puede ser empleado para analizar

las representaciones altas o bajas de las especies estudiadas para enfatizar en las mejores manifestaciones de especies (9).

### **2.1.12. Índice Biótico**

Los índices bióticos son empleados para la valoración en la calidad biológica de las aguas, en forma particular de los ríos. Estos indicadores se relacionan a los taxa presentes (familia, género, especie) con una determinación numérica conforme a su grado de tolerancia. De la misma manera, los indicadores cualitativos es utilizada en grupos con abundante clasificación, por otra parte, los indicadores cuantitativos son utilizados para evaluar un valor final del indicador (29).

#### **2.1.12.1. Índice Biológico Monitoring Working Party (BMWP-Cr)**

El BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) es un indicador que evalúa el total de las valoraciones realizadas a distintos taxones en el test de macroinvertebrados. El puntaje se asigna en relación al grado de sensibilidad a la contaminación (3). Esta puntuación se le confiere por vínculo familiar, independientemente a la sección de los sujetos o grupos focalizados. La sumatoria de la calificación del total de las familias encontradas en el área de investigación proporciona el valor final del índice (8).

## **2.2. Marco Referencial**

El biomonitoreo acuático es esencial para la determinación de la calidad del agua, cuyos métodos han sido aplicados en investigaciones a nivel mundial, en donde los resultados encontrados van acorde a la frecuencia y duración de cada muestreo.

- De acuerdo con Mayorga (2017), en su investigación desarrollada en los esteros “El Limón, La S, y El Guayabo”, escogió al estero Limón como punto de control, ya que no presentaba alteración a diferencia de los otros esteros debido a que presentaban presencia de actividades agrícolas, los mismos que estableció tres puntos de muestreo por cada mes de monitoreo, cuya valoración ecológica fue realizada mediante la aplicación de los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Jaccard y Simpson); según los resultados reflejados por los indicadores BMWP-Cr; y el indicador (QBR) para la evaluación de la zona vegetal, considera que el estero “El limón” evidencia agua de “buena calidad”, al contrario de los esteros

“La S” y “El Guayabo” que muestran contaminación de acuerdo al índice biológico. Por otra parte, en los índices ecológicos en los esteros “La S” y “El Guayabo” muestran diferencia en la diversidad, riqueza y abundancia de macroinvertebrados con proporción al estero del punto de control, y con relación al índice QBR se evidenció que el estero El Limón no presenta alteraciones al contrario de los esteros “La S y El Guayabo”, si presentan alteraciones debido a actividades como la deforestación, actividades agrícolas, etc. cuyo índice permitió reflejar la calidad de las zonas ribereñas estudiadas (9).

- De acuerdo con un estudio investigativo, realizado por Guerrero (2015), en el estero Cuaje del Cantón Valencia, Los Ríos-Ecuador, para la determinación de la calidad del agua debido a la influencia de las actividades bananeras, se utilizó el estero Pise como punto de control debido a la presencia de árboles, cultivo de cacao y asociaciones agroforestales lo que afecta directamente al estero Cuaje debido a sus descargas de agua en cuanto al cultivo de banano. Por ello, se realizaron análisis físicos-químicos, y recolección de muestras entomofauna por medio de una red tipo D. Los macroinvertebrados identificados fueron comprobados por medio del índice BMWP-Cr que indica las propiedades del agua en las áreas que el estero Cauje reflejan una mala calidad del agua, al contrario del estero Pise que presenta aguas no contaminadas o alteradas, es decir, tiene una buena calidad de agua. Por otra parte, los resultados del Índice de equidad de Shannon-Wiener, mostró valores más altos de diversidad para el punto de monitoreo Pise, a diferencia con las demás estaciones de estudios correspondiente al sitio afectado (30).

- De acuerdo con Yong (2015), en un estudio realizado en el Bosque Protector Murocomba del Cantón Valencia-Ecuador, se analizó la influencia en tres quebradas con coberturas vegetal diferentes (El Congo, La Victoria y la Damita), en relación con los macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua, por medio de la implementación del indicador QBR, evidenciando el estado actual ecológico de la zona de estudio, cuyo resultado evidenciaron que El Congo muestra una alteración fuerte debido a las actividades que se desarrollan dentro de esta

cobertura vegetal tales como actividades antropogénicas y agricultura. Además, la quebrada La Victoria no demostró alteración significativa debido a que es un bosque en estado natural y no existe la intervención de actividades, por lo que esta cobertura no presenta alteración, a diferencia que la cobertura La Damita mostró un grado mayor e importante que las coberturas antes mencionadas, es decir que de acuerdo al índice se clasifican como el inicio de una alteración importante (31).

➤ En un estudio realizado por (Rodríguez *et. al.*, 2012), desarrollado en el río El Tunal, Durango-México, se evaluó la calidad de los bosques de ribera, en donde se seleccionaron seis sitios a una distancia de 2,5 km, aplicando además el índice QBR, cuyos valores totales en cada sitio de estudio oscilaron entre 0 y 60, siendo evidente la ausencia de sitios con calidad muy buena, es decir sin alteración alguna. En cuanto a los sitios 2 y 3 mostraron condiciones según el índice el inicio de alteración importante y se determinó como calidad intermedia, a diferencia de los sitios 1 y 4 que evidenciaron alteración fuerte, denominados de mala calidad, sin embargo, los sitios 5 y 6 presentaron degradación extrema, clasificados como de calidad pésima (32) .

➤ En. un estudio realizado titulado “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador” realizado por (Yépez et al., 2017), se determinaron los parámetros físico-químico de la calidad hídrica, además se empleó el uso de los indicadores de riqueza, índice Shannon-Weiner, dominancia de Simpson y la disimilitud de Bray-Curtis, igualmente, la calidad del agua fue valorada a través de la implementación del índice BMWP-Col. Cuyos resultados mostraron que no existen diferencias en cuanto a los parámetros físicos-químicos, a su vez se determinó que no existe diferencia significativa entre los valores de riqueza de familias y riqueza observada. Se evidenció que la mayor abundancia de macroinvertebrado se presenta en la familia Tubificidae, con un total de 90.48% que equivale a 4574 individuos, en cambio para ER tuvo un total de 3918 individuos con un porcentaje de 93%, y el EAI tuvo 656 individuos que representa el 76%. Además, la diversidad H, en ER y EAI fue menor o baja con un total de

0.49±0.22; 1.009±0.21 proporcionalmente. La dominancia tuvo un valor más alto para ER (0.78±0.1), y contrarrestó de EIA con (0.58±0.096). En cuanto a la calidad de agua mediante el uso del índice BMWP-Col, el ER presentó agua de calidad crítica a diferencia del EAI que mostró que la calidad de su agua es dudosa (6).

- De acuerdo con Pillasagua (2018) en su estudio realizado en el río San Pablo del Cantón La Maná, se realizó la descripción de macroinvertebrados acuáticos con la finalidad de especificar el estado de la calidad de agua según el uso del suelo en las actuales riberas del río San Pablo, el cual, está comprendido de los cantones Pujilí, La Maná, Valencia y Quevedo, haciendo énfasis el estudio tomado en el Cantón La Maná. Este estudio se efectuó mediante la aplicación del índice biológico BMWP-Cr cuyo resultado determinó que la calidad del agua del río mencionado es de mala calidad o contaminada. También estableció el uso del índice de dominancia de Simpson, el cual indica en sus resultado que fluctúan entre 0,5 y 0,8 en los tres uso de suelo investigados, es decir, que la presencia de dominancia de las especies es baja; además el índice de Shannon -Weaver indica en sus resultado que la área de investigación del bosque se refleja una mayor biodiversidad, al contrario, a otras áreas cuyo puntuación fue de 2,28; por otro lado, el indicador de Margalef refleja un de 3,21; es decir, que la zona de estudio evidencia una abundancia moderada de especies de macroinvertebrados acuáticos (3).
  
- En un estudio elaborado por Guerrero (2016), a través de la utilización del indicador BMWP-Cr, se valoró la calidad del agua de la microcuenca “El Sapanal” Cantón Pangua en relación al uso del suelo, por lo cual se utilizó el índice biológico que permitió estimar la calidad del agua afectada por los usos de suelos en los cuales constan: bosques, cultivos agrícolas y pastizal, determinando que el uso de suelo por bosque tiene agua de calidad “excelente” a diferencia del uso del suelo por actividades agrícolas y pastizal evidencian aguas de calidad “regular” (33).

- De acuerdo con el estudio elaborado por Toro (2018), denominado “Relación entre los usos y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el Cantón Quevedo”, cuyo objetivo fue evaluar la calidad hídrica por medio de la utilización de macroinvertebrados acuáticos en diversos usos de suelo como lo es palma africana, extracción de material pétreo y bosque). Además, se evaluó las características del hábitat fluvial y las condiciones de la vegetación del río Quevedo, dando como resultados que la zona de bosque obtuvo calidad moderada, la zona de estudio de mina presentó calidad deficiente y mala y la zona de palma africana mostró calidad deficiente y mala. De igual forma, se evidenció un promedio global de 1895 individuos, se adquirieron 51 especies existiendo los más característicos *Vacuperinus* (Caenidae) 21.3%, *Geromorpha* (Gerridae) 17.2% , *Macrelmis* (Elmidae) 12.3%, *Camelobaetidius* (Baetidae) 10.5%, *Melanoides* (Thiaridae) 9.2% , *Corbicula* (Corbiculidae) 7.1% , *Macroptero* (Naucoridae) 4.4% en todo el tamaño de la muestra, con una abundancia del 404, 326, 233, 199, 174, 134 y 83 cada uno de los individuos, y en cuanto al resultado presentado por el índice BMWP-Cr reflejó que las zonas evaluadas presentaron aguas de calidad mala, con un menor grado de contaminación en la zona de bosque (34).
  
- En la investigación efectuada por Urdanigo (2019), en el Bosque Protector Murocomba del Cantón Valencia-Ecuador, tuvo como objetivo evaluar la respuesta del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos al cambio de la cobertura vegetal ribereña y la calidad hídrica de la misma, en las estaciones secas y lluviosa en tres quebradas distintas, cuyos resultados obtenidos mediante la aplicación de los índices manifestaron que según en el BMWP/Col, la mejor condición ecológica se presentó en la quebrada Q1-CBN, y el EPT disminuyó en la quebrada Q2-CAG en la estación lluviosa. El índice de Shannon-Weaver mostró valores más altos en Q1-CBN y Q3-CPF en el período seco, y la dominancia aumentó en Q3-CPF en la temporada de lluvias. Un total de 6 583 macroinvertebrados fueron recolectados. El orden Coleóptera mostró una mayor abundancia en Q1-CBN y Diptera en Q2-CAG, mientras que Hemiptera mostró la menor abundancia en Q3-CPF (35).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

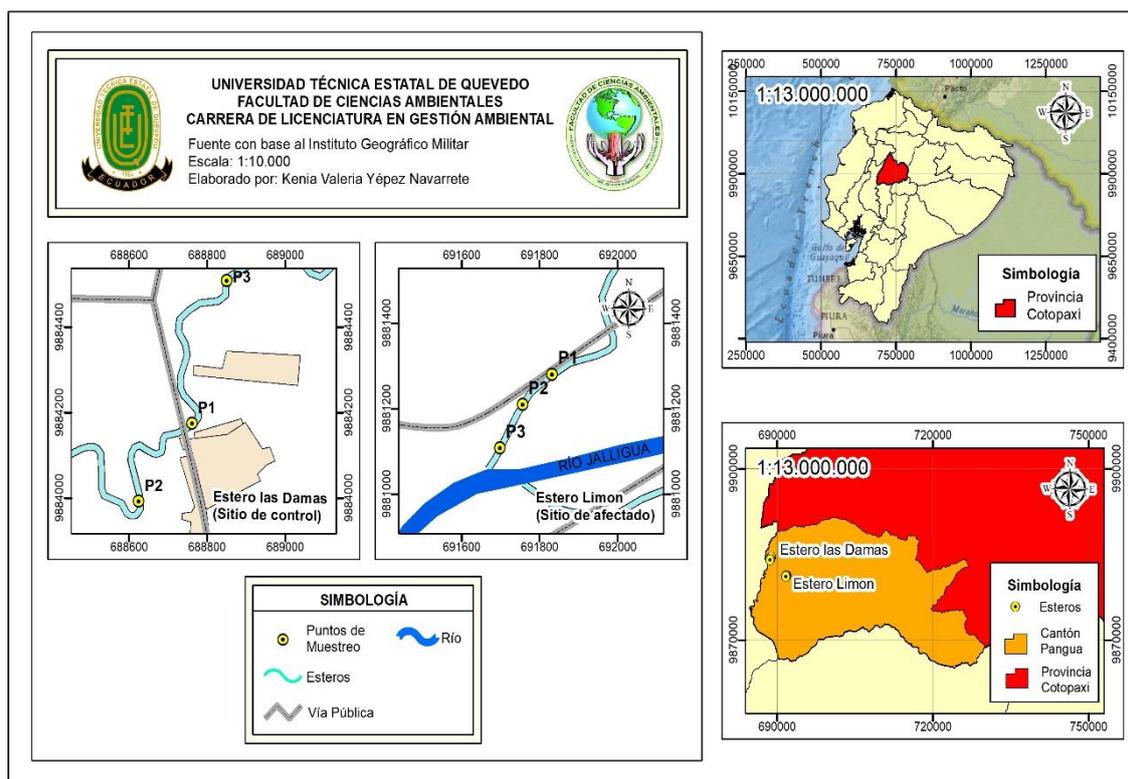
### 3.1. Localización

La presente investigación se llevó cabo en el Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi, cuyos límites cantonales son; al Norte con La Maná, Pujilí y Pilalo; al Sur con el río Piñanatug; al Este con Angamarca y Pujilí y al Oeste con Quinsaloma, Ventanas y Quevedo, Su cabecera cantonal es El Corazón y sus parroquias rurales son: Moraspungo, Ramón Campaña y Pillopata. Este cantón posee una población actual de 24.612 ha., y una extensión de área de 71956.90 hectáreas. El clima es templado en zonas urbanas, fríos en zonas altas y cálidas en zonas media- bajas, las altitudes varían de acuerdo a sus zonas (36).

Dicho estudio de investigación se llevó a cabo en dos sitios de investigación, los mismas que fueron seleccionadas debido al uso de suelo que presentan y el impacto que generan de manera directa a los ecosistemas acuáticos. A continuación, se detalla una breve descripción de las áreas de estudio.

- *Estero El Limón (sitio afectado)*: se encuentra ubicado en la zona baja, específicamente en el recinto El Limón, sector Isabel María, de la parroquia Moraspungo perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Goza de un clima húmedo - cálido por lo que lo hace que esta zona sea productora de cultivos extensivos, además se encuentra a una altitud de 2206 m.s.n.m. La temperatura es en promedio 20° C. Hay alrededor de precipitaciones de 2225 mm. La precipitación varía 385 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. Es importante tener en cuenta, que las aguas del estero de estudio, desemboca río Jalligua (36).
- *Estero Las Damas (sitio de control)*: está ubicado en la zona media - baja de la parroquia Moraspungo, Cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, cuyo clima es tropical húmedo y semihúmedo por lo que posee bosques secundarios para la regeneración de las áreas afectadas por actividades agrícolas en menor proporción, su altitud fluctúa en 2206 m.s.n.m, posee una temperatura es de 20°C, y su precipitación anual va de 1000-2000 m.m esta dependientemente de la época en la que se encuentre; sus aguas nacen en el pie de la zona montañosa de los Andes y recorre 11 km hasta desembocar en el caudaloso río Calope quien traza las líneas divisorias de las provincias de los Ríos y Cotopaxi (36).

**Mapa 1.** Ubicación de las áreas de estudios y sitios de monitoreos



Fuente: (37).

Elaborado por: Autora

### 3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente proyecto es diagnóstica - explorativa, por lo cual, se identificaron las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreo que son; El Limón (sitio afectado) y Las Damas (sitio de control), aplicando los índices biológicos, ecológicos y de calidad, donde se relacionaron las actividades agrícolas, la calidad del agua y los macroinvertebrados acuáticos, obteniendo conocimientos detallados de la problemática actual de los mismos.

### 3.3. Métodos de la investigación

La presente investigación empleó el uso de los siguientes métodos:

- **Método de observación directa:** Por medio de la observación directa, se evidenciaron los usos de suelo en el área de estudio, permitiendo establecer los puntos de muestreo dependientemente de las características presente en el lugar,

la misma que permitió conocer y valorar la problemática mediante la identificación de la estructura, composición, abundancia, diversidad y riqueza de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, evaluando la calidad del agua de los esteros cercanos a la actividades agrícolas y logrando definir las estrategias de protección para el estero con mayor contaminación hídrica.

- **Método Exploratorio:** por medio de este método se identificaron las familias de macroinvertebrados acuáticos presente en los esteros.
- **Método Descriptivo:** mediante la aplicación de este método se consiguió evaluar la situación actual de la calidad del hábitat fluvial y uso de los suelos en los esteros cercanos a la actividad de influencia, mediante un análisis descriptivo del estado actual de las características hidromorfológicas, y biológicas presentes en cada punto de muestreo.
- **Método Analítico:** Una vez obtenido los resultados de la identificación de los macroinvertebrados acuáticos, se empleó este método para comparar las diferencias de los usos de suelos de las áreas de estudio y la influencia de las actividades agrícolas cercanas a los cuerpos de agua.

### **3.4. Fuentes de recopilación de información**

La información requerida para el oportuno estudio se la adquirió de las siguientes fuentes:

Fuentes Primarias:

- Se recolectaron las muestras pertinentes a las zonas de estudio de los macroinvertebrados presentes en el estero El Limón (sitio afectado) y estero Las Damas (sitio control). Además, se dialogó con los moradores cercanos a las áreas de estudio.
- Esta investigación se desarrolló mediante la revisión de literatura correspondiente a los temas de estudio, utilizando información certera y actual de papers científicos, revistas científicas, tesis de grado, normativas e informes de investigación.

### **3.5. Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo no experimental, puesto que, por medio la observación presentada de los macroinvertebrados en su hábitat natural y su análisis posteriormente en el laboratorio. Las tomas de muestras para el estudio de calidad del estero, se ejecutaron mediante el trabajo de campo, la cual consistió en la recolección y biomonitoreo de los insectos acuáticos, dónde los datos y valoraciones conseguidos se cotejaron conforme a los diferentes usos de suelos y este permita establecer la situación actual ecológica del estero.

El presente estudio se efectuó en dos sitios de muestreo, estero el Limón (sitio afectado) y el estero las Damas (sitio control) elegido este sitio debido a que su ubicación se encuentra dentro del mismo cantón con igual altitud, pero con diferencia en las características de uso de suelo, bosques y cultivos agroforestales. El proceso de muestreo se llevó durante los meses de noviembre y diciembre (2020), ya que durante estos meses el caudal en los esteros disminuye debido a la escasa precipitación lo que facilita el muestreo e ingreso a los esteros, mientras que el muestreo en los meses de enero y febrero (2021) permitió realizar comparaciones en cuanto a la influencia del caudal en la presencia, abundancia y diversidad, es así que establecieron tres tramos por estero, con una frecuencia de 30 días cada monitoreo, los sitios fueron escogidos por el contraste en sus usos de suelo y tipo de sustratos. Una vez obtenidos los resultados, se realizó una comparación entre el sitio afectado y el sitio de control lo que permitió identificar el grado de contaminación causado por las actividades agrícolas.

Para realizar el análisis estadístico respectivo de los datos obtenidos, se llevó a cabo mediante la aplicación del software Past 4.0 (Paleontological Statistics: Estadísticas Paleontológicas), el mismo que indico los índices de diversidad, dominancia y riqueza de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los sitios de estudio, también se aplicó un análisis clúster para medir la disimilitud y similitud entre los sitios y el índice biótico BMWP-Cr para determinar calidad de agua existente en los sitios de estudio.

La presente investigación se desarrolló de acuerdo a los objetivos planteados dentro del proyecto como se muestra a continuación.

### 3.5.1. Determinar las características hidromorfológicas del estero El Limón

Se consideró el cauce del estero afectado y del estero control, ya que están segmentado por una porción delimitada de tramos, los cuales, ayudaron a formar el moldaje del cauce, englobando los tres puntos de muestreo, uno por cada estero. Por lo tanto, los tramos se determinaron con forme a las similitudes y diferencias hidromorfológicas (ancho, profundidad, pendiente) y ambientales que se establecieron en un análisis exploratorio previo al progreso de la investigación.

A continuación, se detalla la metodología a aplicar por cada variable hidromorfológicas de los esteros:

- **Ancho del estero**

Para la determinación del ancho de los esteros, se realizó mediante el método de medición, el cual consiste en medir el ancho del área de estudio del estero con la ayuda de un instrumento manual (metro).

Para la obtención del caudal se calcula la siguiente fórmula:

$$Q = v * A$$

**Donde:**

**Q**= Es el caudal ( $\frac{l}{s}$ )

**V**= Es la velocidad ( $\frac{m}{s}$ )

**A**= Área ( $m^2$ )

- **Profundidad**

Para obtener la profundidad del estero se empleó el método de medición, el cual consistió en medir cada 50 cm de distancia la profundidad con la que cuenta el estero y se empezó desde la orilla hasta el otro tramo del cuerpo hídrico.

- **Velocidad**

Para conocer la velocidad del agua de la superficie de los esteros, se utilizó el método flotador, el mismo que consistió en arrojar cualquier cuerpo pequeño que flote en un tramo del estero que no contenga piedras grandes ni troncos de árboles, para ello se toma el tiempo en el que tarda en llegar de un punto a otro, tiempo que se mide con un cronómetro, este proceso se lo realizó tres veces por cada mes, para sacar un promedio

de la velocidad, además este método es de gran utilidad ya que es una forma sencilla de medir el caudal. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v= velocidad ( $\frac{m}{s}$ )

d= distancia (m)

t= tiempo (s)

### 3.5.2. Caracterizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con respecto a la composición, riqueza, abundancia, y diversidad en el estero El Limón.

#### 3.5.2.1. Selección y caracterización de los puntos de muestreos

Se realizó la selección de tres sitios de muestreo en cada estero “El Limón” y “Las Damas” con una distancia de 200 m por cada uno de los esteros, tomando como referencia agua arriba y aguas abajo, empleando como guía la metodología expuesta por Guerrero (2015) (30), La toma de datos fue realizada en los meses de noviembre y diciembre (2020) y enero y febrero (2021), considerando las características de la zona de estudio, uso de suelo, sustrato y actividades que se realizan alrededor de los esteros de estudio (tabla 1).

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

ZONA DE MUESTREO	ESTERO AFECTADO EL LIMÓN			ESTERO CONTROL LAS DAMAS		
	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			X	Y	USO DE SUELO
	X	Y	USO DE SUELO			
A	69178 5	988124 7	Actividades Agrícolas	68875 4	988414 3	Bosques Secundarios
B	69173 8	988109 7		68861 7	988397 5	
C	69164 2	988100 1		68883 5	988446 8	
DISTANCIA ENTRE TRAMOS				Este estero se estableció como		

	A y B= 50 m C y D= 50 m		sitio de control presente en esta investigación para posteriormente realizar una comparación con el estero afectado.	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONAS RIBEREÑAS</b>	Su uso de suelo debido a su ubicación en la zona baja del Cantón está destinado a la existencia de actividades agrícolas como cultivo de maíz, cacao, plátano, palma africana, también se encuentran pastizales para las actividades agropecuarias. Además, existe presencia de viviendas cercanas al estero.		Actualmente este estero posee actividades de cultivo ecológico que son de consumo familiar tales como plantaciones de especies frutales, cultivo de maíz duro minúsculas secciones, y en algunas áreas se encuentran bosques secundarios protegidos como el laurel, que sirven para la remediación de los suelos afectados por actividades agrícolas.	
<b>TIPO DE SUSTRATOS Y MICROHÁBITAT</b>	Presenta característica en su microhábitat como corrientes rápidas, moderadas y corrientes lentas en su estero. Además, evidencia como las hojarascas, orilla arena y roca.		Su microhábitat en relación al uso de suelo, su corriente es rápida, moderadas y corrientes lentas, dependiendo del clima. Como tipo de sustrato presenta hojarascas, orillas, rocas, y arena	
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS ESTACIONES MUESTREADAS</b>	Utilización de bombas captadoras de aguas para la captación y riego de la misma en los cultivos agrícolas, que también son utilizadas para la actividad agropecuaria mediante el sembrío de pastizal y el criadero de animales bovinos, además, se hace presente también la interferencia de las actividades antropogénicas de los habitantes cercanos al estero por medio de la inadecuada gestión de		Presencia de cultivos agroforestales, frutales, y cultivos de ciclo corto, también existe una pequeña población aledaña al estero de estudio.	

	residuos sólidos y descargas de aguas residuales.	
--	---	--

**Elaborado por:** Autora

### **3.5.2.2. Recolección y procesamiento de muestra**

Para realizar la recolección de las muestras de los insectos acuáticos, se empleó el método de la red “D-net” de 350 cm<sup>2</sup> aproximadamente y con una abertura de malla de nylon de 500 micras metodología empleada por Guerrero 2015 (30), la misma que se utiliza para ríos moderadamente corrientosos y en los que se puede caminar, asociándose a los tipos de hábitat representativo de cada estero, por lo cual se removió el fondo, hojarasca y rocas para la captura de los macroinvertebrados en un intervalo de tiempo de 3 horas por cada zona de muestreo.

Los macroinvertebrados acuáticos hallados y extraídos en los microhábitats lenticos y lóticos de cada estero, fueron colocadas en una bandeja de plástico color blanca, y posteriormente almacenadas en recipientes de plásticos con alcohol al 70% debidamente rotulados con datos respectivos al punto, área y fecha de muestreo con el fin de preservar los insectos acuáticos para luego ser llevadas hasta el laboratorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el objetivo de identificar el nivel de familia, utilizando estereoscopios y claves taxonómicas propuesta por Domínguez & Fernández (38).

### **3.5.2.3. Diseño Estadístico**

Para la determinación de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos (MIA), se emplearon los siguientes índices ecológicos. Estos índices se calcularán mediante la aplicación del software estadístico Past 4.0, cuya herramienta estadística es utilizada por profesionales del área ambiental y biológica.

- **Índice de Shannon – Weaver**

Se empleó este índice para determinar las densidades poblaciones de los insectos acuáticos, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo seleccionado al azar (30), se calcula mediante la fórmula:

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

**Donde:**

**N<sub>i</sub>**: número de individuos por especie en una muestra

**N**: número total de individuos en una muestra

**Ln**: logaritmo natural

- **Índice de Margalef**

Para determinar la riqueza de los macroinvertebrados que forman parte de las comunidades, en los sitios de muestreos seleccionados. Se emplea la siguiente fórmula:

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

**Donde:**

**DMG**: es la riqueza específica de Margalef

**S**: es la riqueza o el número de especies

**Ln**: logaritmo natural

**N**: pertenece al número total de individuos

- **Índice de Simpson**

El indicador se lo emplea para valorar la existencia de valores altos o bajas de especies en zonas que se realizará el muestreo, cuya finalidad es determinar y enfocar las especies que mejor se represente de entre todas. Demostrando la probabilidad de dos individuos macroinvertebrados escogidos de manera aleatoria que corresponda a la misma especie y prevalezca en abundancia (9), se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

**Donde:**

**pi**: Abundancia proporcional de la especie i.

- **Análisis Clúster**

Este análisis se utilizará para medir la disimilitud y similitud entre los sitios de muestreo, el cual, la semejanza de los individuos es completa cuando se obtiene puntuaciones de 1 entre los sitios estudiados, y no presentan diferencias cuando los individuos en común obtienen 0 en la valoración (30) y se calcula mediante las siguientes fórmulas:

### **Fórmula para el análisis Clúster conglomerados**

$$d_{mj} = \frac{N_k d_{kj} + N_l d_{lj}}{N_m}$$

**Donde:**

$N_k, d_l, N_m$  = número de observaciones en los conglomerados k.l.m

### **Ecuación para el análisis Clúster**

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

**Donde:**

**a**= número de familias existentes en el sitio A

**b**= número de familias existentes en el sitio B

#### **3.5.3. Determinar la calidad del agua del estero El Limón mediante la aplicación del índice BMWP-Cr.**

Para determinar la calidad del agua en el estero El Limón se empleó el indicador biológico BMWP-Cr (*Biological Monitoring Working Party*) modificado para Costa Rica, de modo que, permitirá analizar el nivel de sensibilidad a la contaminación que las diferentes familias de macroinvertebrados poseen, se realizara mediante la suma de las puntuaciones asignadas a las distintas familias obtenidos en los sitios de muestreo (34). La valoración se le confiere por vínculo familiar, independientemente a la sección de los sujetos o grupos focalizados. La sumatoria de la calificación del total de las familias encontradas en el área de investigación proporciona el valor final del índice, por lo tanto, este resultado facilita la evaluación de la calidad del agua (39), para ellos, es necesario saber el puntaje atribuido a cada familia, los cuales son detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP-Cr

9	O D E P T	<i>Polythoridae</i> <i>Blephariceridae; Athericidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae</i>
8	E O T B	<i>Leptophlebiidae</i> <i>Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae</i> <i>Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae</i> <i>Blaberidae</i>
7	C O T Cr	<i>Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae</i> <i>Gomphidae; Lesliidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae</i> <i>Philopotamidae</i> <i>Talitridae; Gammaridae</i>
6	O M T E	<i>Libellulidae</i> <i>Corydalidae</i> <i>Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae</i> <i>Euthyplociidae; Isonychidae</i>
5	L T C E Cr Tr	<i>Pyralidae</i> <i>Hidropsychidae; Helicopsychidae</i> <i>Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae</i> <i>Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarciidae; Baetidae</i> <i>Crustacea</i> <i>Turbellaria</i>
4	C D  H O E Hi	<i>Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae;</i> <i>Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae</i> <i>Dixidae; Simuliidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae;</i> <i>Sciomyzidae; Cerapotogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae</i>  <i>Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Notonectidae;</i> <i>Calopterygidae; Coenagrionidae</i> <i>Caenidae</i> <i>Hidracarina</i>
3	C D Mo  A Cr	<i>Hydrophilidae</i> <i>Psychodidae</i> <i>Valvatidae; Hidrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae Bithyniidae;</i> <i>Bythinellidae; Sphaeridae</i> <i>Hirudea; Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae</i> <i>Asellidae</i>
2	D	<i>Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae</i>
1	D A	<i>Syrphidae</i> <i>Oligochatea (todas las clases)</i>

**Fuente:** (39)

Una vez identificadas las familias y sumadas las puntuaciones, se determina la calidad del agua según el índice BMWP-Cr, el cual se establece con la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Clases de calidad, significación de los valores del índice BMWP y colores a utilizar para las representaciones cartográficas

CALIDAD	VALOR IBMWP	COLOR
Aguas de calidad excelentes	>120	Excelente
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	Muy Bueno
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Bueno
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Regular
Aguas de calidad mala, contaminadas	16-35	Pobre
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<15	Muy pobre

Fuente: (39)

### 3.5.4. Implementar un plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón

De acuerdo a los resultados obtenidos en el biomonitoreo, mediante la caracterización de los macroinvertebrados acuáticos y a través del índice biológico se tuvo acceso a la valoración de la calidad del agua. Cuyos resultados incentivó a la realización de una propuesta de plan de manejo, la misma, que consta de medidas de corrección para la recuperación de la calidad del agua, la propuesta se estructura de la siguiente manera:

- Introducción
- Objetivo General
- Objetivos Específicos
- Plan de trabajo
- Propuesta del Plan de Manejo Ambiental

**Tabla 4.** Modelo de la estructura del plan de manejo ambiental para la recuperación y conservación del estero El Limón

Plan	Programas	Actividades Propuestas	Indicadores	Responsables	Tiempo	Costo
------	-----------	------------------------	-------------	--------------	--------	-------

Fuente: (30)

### 3.6. Instrumentos de investigación

Para la realización de este proyecto de investigación se emplearon instrumentos tales como el índice biológico BMWP-Cr que permitió la evaluación y determinación de la calidad de agua del estero El Limón, también se aplicó el índice de Shannon – Weaver,

índice de Margalef e índice de Simpson, ya que mediante estos índices de diversidad y dominancia de las especies de macroinvertebrados acuáticos se pudo determinar la distribución, abundancia y riqueza de macroinvertebrados presentes en los cuerpos de agua.

### 3.7. Tratamiento de datos

Para este proyecto de investigación se empleó lo siguiente:

- Programa Excel para determinar las características hidromorfológicas y las puntuaciones del índice biológicos (BMWP-CR) evaluando la calidad del agua.
- Software estadístico PAST versión 4.0 para los índices de diversidad con la tabla de composición taxonómica. Se realizó también la comparación de similitud entre familias de macroinvertebrados acuáticos y uso de suelo utilizando el análisis de Clúster mediante el índice de similitud de Jaccard cuyo método empleado fue el UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic) que significa (Método de grupos de pares no ponderados con aritmética).

### 3.8. Recursos humanos y materiales

Los recursos materiales que se emplearon para la toma de datos fueron los siguientes:

**Tabla 5.** Materiales

<b>Campo</b>		
Botas	Machete	Libreta
Cámara Fotográfica	Mochila	GPS
Esferos y lápices	Pinzas	Multiparamétricos
Agua destilada	Red tipo D Net	Formatos de campo
Envases	Equipo Fluvial	Vehículo
Cinta métrica	Flotadores	Palos de escobas o estacas
<b>Laboratorio</b>		
Alcohol 70%	Pinzas entomológicas	Cedazos
Bandejas plásticas	Recipientes para muestras de orina	Bata
Esteroscopio	Claves taxonómicas	Caja Petri
<b>Oficina</b>		
Computadora / Internet	Pendrive	Útiles varios de oficina
<b>Software</b>		
PAST vers. 4.0	Microsoft Excel 2016	Software ArcGis 10.4.1

**Elaborado por:** Autora

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Determinar las características hidromorfológicas del estero El Limón

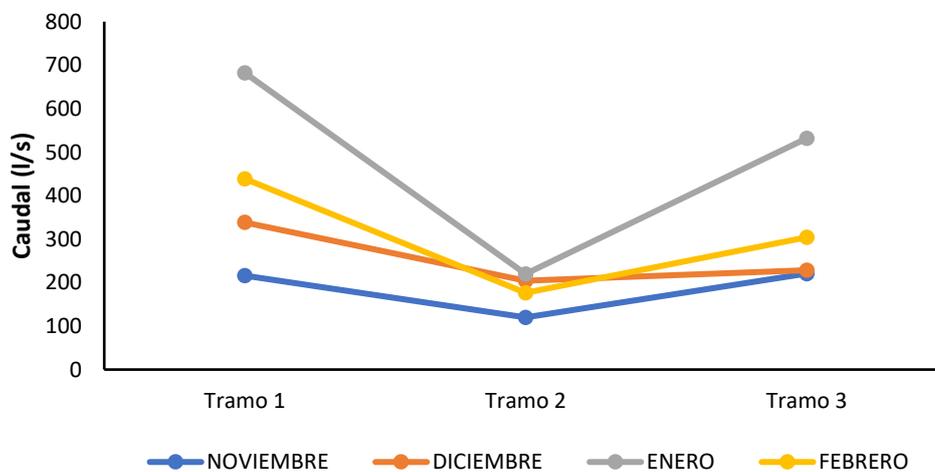
### 4.1.1. Características Hidromorfológicas del estero El Limón

Se estimaron las características hidromorfológicas del estero El Limón, en el que se evaluaron unidades de modelización como el caudal, velocidad de la corriente y la profundidad del cauce.

#### 4.1.1.1. Caudal

De acuerdo con los datos obtenidos del caudal en la fase de campo mediante la aplicación del aforo en cada uno de los tramos establecidos, se puede observar que en el Gráfico 1, dichos caudales experimentan aumento en algunos meses, y a su vez disminución en otros. Por lo tanto, se refleja la variación que ha realizado el caudal en cada tramo de estudio durante los meses de monitoreo, lo cual puede observarse que los meses de noviembre, diciembre y febrero presentan una gran diferencia en sus caudales con relación al mes de enero, ya que este aumenta el valor de su caudal a diferencia de los otros meses antes mencionados. En donde los meses que muestran mayor caudal son: el mes de enero cuyo caudal supera los 682 (l/s) en el tramo 1, y el mes de febrero con 428 (l/s), a diferencia de los meses que registran caudales menores son noviembre con 119 (l/s) y diciembre con 204,26 (l/s), ambos en los tramos 2 respectivamente.

**Gráfico 1.** Variación del caudal en el estero EL Limón.

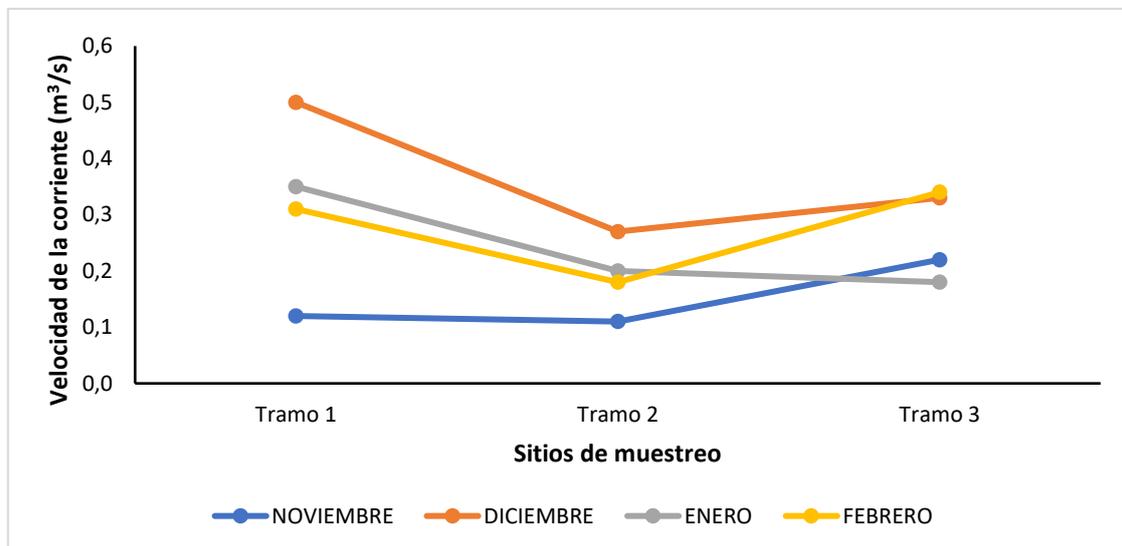


Elaborado por: Autora

#### 4.1.1.2. Velocidad de la corriente

En el Gráfico 2, se muestra que el mes de diciembre es el que más se destaca por sus corrientes más rápidas, en el que se destaca el mes de diciembre registrando una velocidad de 0,50 (m<sup>3</sup>/s) en el tramo 1, disminuyendo su valor de 0,27 (m<sup>3</sup>/s) en el tramo 2, y el tramo 3 vuelve a incrementar su valor a 0,33 (m<sup>3</sup>/s); sin embargo, en el mes de noviembre se registraron velocidades bajas de 0,12 (m<sup>3</sup>/s) en el tramo 1, decreciendo con 0,11 (m<sup>3</sup>/s) en el tramo 2 y en el tramo 3 con 0,22 (m<sup>3</sup>/s). Es resumen, la mayor velocidad se encontró en el tramo 1, seguidamente el tramo 3 y por último con menor velocidad en todos los puntos de monitoreos el tramo 2.

**Gráfico 2.** Velocidad de la corriente en el estero El Limón



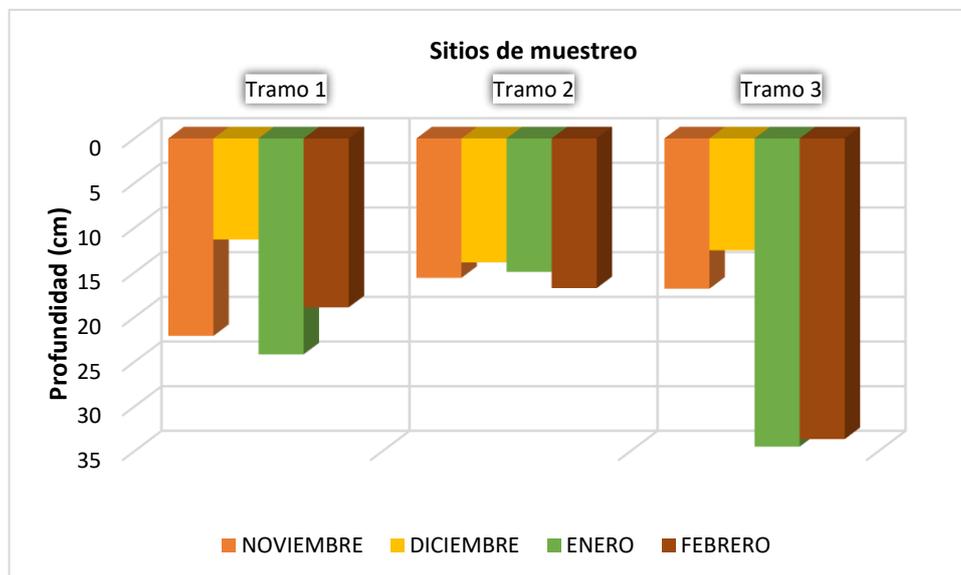
**Elaborado por:** Autora

#### 4.1.1.3. Profundidad del cauce

Se determinó la profundidad del cauce a partir del promedio en el centro de las corrientes en cada punto de monitoreo. Por lo que de acuerdo a los observado en el Gráfico 3, se puede evidenciar que los tramos con profundidades de mayor magnitud fueron el tramo 3 y tramo 1 en su mayoría de los meses establecidos en la fase de campo. Es decir, que en las profundidades del cauce alcanzan hasta los 22 cm en el mes de noviembre y 16 cm en el mes de enero en el tramo 1, a diferencia del tramo 3 que posee un incremento

representativamente alto llegando sus profundidades hasta 34 cm en los meses de enero y febrero respectivamente.

**Gráfico 3.** Variación de profundidad en el estero El Limón.



Elaborado por: Autora

## 4.2. Caracterizar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con respecto a la composición, riqueza, abundancia, y diversidad en el estero El Limón.

### 4.2.1. Presencia/ausencia de los macroinvertebrados acuáticos

Una vez obtenido los resultados de la caracterización de las familias de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red “D” en los sitios de muestreo del cantón Pangua, durante el periodo de los meses establecidos (noviembre -diciembre) y (enero – febrero) en relación al uso de suelo de los esteros: El Limón (actividades agrícolas) y Las Damas (Bosques secundarios), se recolectaron un total de 9 órdenes, 52 familias y un resultado total de 639 individuos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los diferentes meses de estudio (tabla 9), en donde se destacaron los órdenes de mayor predominancia, en cuanto a presencia/ausencia son los siguientes: orden Trichoptera familia *Helicopsychidae* y del orden Diptera familia *Dolichopidae* ambas con valor de 3,13% ; seguidamente la familia *Hydropsychidae* de orden

Trichoptera y del orden Ephemeroptera familia *Leptophlebiidae* con un porcentaje del 2,97%; además presentaron un valor del 2,82% la familia *Elmidae* del orden Coleoptera y *Gerridae* del el orden Hemiptera; se halló también con un total de 2,66% el orden Ephemeroptera familia *Polymitarcyidae*; y finalmente se encontraron con un valor de 2,50% la familia *Leptoceridae* orden Trichoptera, también el orden Ephemeroptera familia *Leptohyphidae* y el orden Diptera familia *Taumaleidae*.

Los individuos acuáticos encontrados con menor porcentaje de presencia/ausencia se detallan a continuación: orden Megaloptera familia *Corydalidae* con un valor de 0,16 %; continuamente la familia *Coenagrionidae* de orden Odonata y finalmente las familias *Dryopidae* y *Psephenidae* del orden Coleoptera, estas con un porcentaje del 0,94% respectivamente.

**Tabla 6.** Presencia-ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los esteros "El Limón" y "Las Damas", Cantón Pangua.

		Presencia / Ausencia de macroinvertebrados acuáticos																											
		SITIOS DE MUESTREOS																											
CLASE	ORDENES	FAMILIAS	EL LIMON (ACTIVIDADES AGRICOLAS)												LAS DAMAS (BOSQUE)												TOTAL	%	
			A				B				C				A				B				C						
			NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB			NOV
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X					X	X	X	X			X	X	16	2,50 %	
		<i>Helicopsychidae</i>	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	20	3,13 %
		<i>Calamoceratidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
		<i>Hydropsychidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		X	X		X	X	X		19	2,97 %
		<i>Hydrobiosidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X	X	X	X	X	X	X	15	2,35 %
		<i>Glossosomatidae</i>	X	X	X	X	X			X		X								X	X	X	X	X	X	X	X	15	2,35 %
		<i>Odontoceridae</i>														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
		<i>Polycentropodidae</i>							X	X				X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	13	2,03 %
		<i>Hydroptilidae</i>	X	X	X		X			X				X	X		X		X	X	X		X	X		X	X	13	2,03 %
		<i>Philopotamidae</i>	X						X	X		X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	13	2,03 %
	COLEOPTERA		<i>Ptilodactylidae</i>												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %	

	<i>Elmidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	X		X	X	18	2,82 %
	<i>Limnichidae</i>													X	X	X	X	X		X		X	X	X	9	1,41 %
	<i>Lutrochidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
	<i>Hydrophilidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
	<i>Dryopidae</i>																X		X		X	X	X	X	6	0,94 %
	<i>Staphylinidae</i>														X	X		X	X	X	X	X	X	X	10	1,56 %
	<i>Scirtidae</i>													X			X	X	X	X	X	X	X	X	10	1,56 %
	<i>Psephenidae</i>														X				X		X	X	X	X	6	0,94 %
	<i>Hydrochidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
<b>EPHEMEROPTERA</b>	<i>Leptophlebiidae</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X			19	2,97 %
	<i>Baetidae</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X									X	X	X	X	15	2,35 %
	<i>Oligoneuriidae</i>														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
	<i>Tricorythidae</i>															X	X	X	X	X	X	X	X	X	11	1,72 %
	<i>Euthyplociidae</i>														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
	<i>Polymitarcyidae</i>	X			X	X		X	X		X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	17	2,66 %
	<i>Leptohephidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X	X					X	X	16



		<i>Thaumaleidae</i>										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16	2,50 %	
		<i>Simulidae</i>										X		X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %	
		<i>Blepharoceridae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %	
		<i>Dixidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
		<i>Sarcophagidae</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
		<i>Dolichopodidae</i>	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	X	X	20	3,13 %
		<i>Empididae</i>														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
<b>HIRUDIN EA</b>	<b>GLOSSIPHONIFOR MES</b>	<i>Stratiomyidae</i>														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %	
		<i>Glossiphoniidae</i>															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1,88 %
		<b>TOTAL</b>	16	15	14	15	15	11	16	16	9	9	9	12	34	37	35	35	39	38	41	44	43	44	45	47										639	100 %	

Fuente: Laboratorio de entomología UTEQ,

Elaborado por: Autora

## 4.2.2. Diversidad de entomofauna en los esteros El Limón y Las Damas

### 4.2.2.1. Estero El Limón

En los puntos de monitoreo del estero El limón, se colectaron un total de 923 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 26 familias, 8 órdenes (tabla 10), cuyo orden más significativo es **Ephemeroptera** con 386 individuos (41,82%), seguido de **Trichoptera** con 284 individuos (30,77%), y **Coleoptera** con 118 individuos (12,78%), además, se mostraron en los últimos lugares con menor abundancia los siguientes órdenes: **Plecoptera** con 21 individuos (2,28%) y **Megaloptera** con 1 individuos (0,11%) (Gráfico 4).

**Tabla 7.** Número de individuos encontrados en el estero El Limón

CLASE	ORDENES	FAMILIA	TOTAL	%
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	284	30,77%
		<i>Hydropsychidae</i>		
		<i>Hydrobiosidae</i>		
		<i>Glossosomatidae</i>		
		<i>Polycentropodidae</i>		
		<i>Hydroptilidae</i>		
		<i>Philopotamidae</i>		
	COLEOPTERA	<i>Elmidae</i>	118	12,78%
		<i>Limnichidae</i>		
		<i>Dryopidae</i>		
	EPHEMEROPTERA	<i>Psephenidae</i>	386	41,82%
		<i>Leptophlebiidae</i>		
		<i>Baetidae</i>		
		<i>Oligoneuriidae</i>		
	PLECOPTERA	<i>Polymitarcyidae</i>	21	2,28%
	HEMIPTERA	<i>Leptohiphidae</i>	31	3,36%
	MEGALOPTERA	<i>Perlidae</i>	1	0,11%
	ODONATA	<i>Gerridae</i>	32	3,47%
		<i>Corydalidae</i>		
		<i>Polythoridae</i>		
	DIPTERA	<i>Coenagrionidae</i>	50	5,42%
		<i>Libellulidae</i>		
		<i>Tipulidae</i>		
		<i>Thaumaleidae</i>		
		<i>Simulidae</i>		
		<i>Dolichopodidae</i>		
<b>Total</b>			<b>923</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Laboratorio de entomología, UTEQ.

**Elaborado por:** Autora

#### 4.2.2.2. Estero Las Damas

En el punto de control (estero Las Damas) se encontró un total de 1038 individuos, repartidos en 31 familias y 7 órdenes (tabla 11). Llegando a ser más representativo el orden **Tripchoptera** con 420 individuos (40,46%), continuamente de **Ephemeroptera** con 225 individuos (21,68%), el orden **Odonata** con 151 individuos (14,55%) y posteriormente el orden **Coleoptera** con 100 individuos (9,63%). Entre los lugares de menor abundancia se encontró al orden **Plecoptera** con 36 individuos (3,47%) y el orden **Hemiptera** con 32 individuos (3,08%) (Gráfico 5).

**Tabla 8.** Número de individuos encontrados en el estero Las Damas

CLASE	ORDENES	FAMILIAS	TOTAL	%
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	420	40,46%
		<i>Helicopsychidae</i>		
		<i>Hydropsychidae</i>		
		<i>Hydrobiosidae</i>		
		<i>Glossosomatidae</i>		
		<i>Polycentropodidae</i>		
		<i>Hydroptilidae</i>		
		<i>Xiphocentronidae</i>		
		<i>Philopotamidae</i>		
	COLEOPTERA	<i>Elmidae</i>	100	9,63%
		<i>Limnichidae</i>		
		<i>Dryopidae</i>		
		<i>Staphylinidae</i>		
		<i>Scirtidae</i>		
	EPHEMEROPTERA	<i>Psephenidae</i>	225	21,68%
		<i>Leptophlebiidae</i>		
		<i>Baetidae</i>		
		<i>Tricorythidae</i>		
		<i>Euthyplociidae</i>		
	PLECOPTERA	<i>Polymitarcyidae</i>	36	3,47%
		<i>Leptohiphidae</i>		
	HEMIPTERA	<i>Perlidae</i>	32	3,08%
	ODONATA	<i>Naucoridae</i>	151	14,55%
		<i>Polythoridae</i>		
		<i>Calopterygidae</i>		
	DIPTERA	<i>Coenagrionidae</i>	74	7,13%
		<i>Libellulidae</i>		
		<i>Tipulidae</i>		
		<i>Chironomidae</i>		
		<i>Psychodidae</i>		
		<i>Simulidae</i>		
	<i>Dolichopodidae</i>			
<b>TOTAL</b>			1038	100%

**Fuente:** Laboratorio de entomología, UTEQ.

**Elaborado por:** Autora

En la tabla 12, se presentan los puntos de monitoreo por mes y la relación al uso de suelo, mostrando un excelso valor de abundancia de macroinvertebrados fue el estero Las Damas con plantaciones de bosques secundarios tanto para febrero con el 8,47% de individuos; seguidamente de enero con 7,60%, y noviembre con el 6,78%. Por otro lado, el estero El Limón cuyo uso de suelo es agrícola, manifestó un menor número de abundancia de individuos en el mes de noviembre con 1,63% y el mes de enero con 1,94% de macroinvertebrados respectivamente.

**Tabla 9.** Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los esteros "El Limón" y "Las Damas" del Cantón Pangua

CLASE	ORDENES	FAMILIAS	SITIOS DE MUESTREOS																								TOTAL	PORCENTAJE	
			EL LIMON (Actividades Agrícolas)												LAS DAMAS (Bosques Secundarios)														
			A				B				C				A				B				C						
			NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB			
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	15	13	15	12	0	0	0	0	9	5	0	0	8	4	8	9	7	6	8	4	1	0	0	0	124	6,32%	
		<i>Helicopsychidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	4	8	3	2	4	2	0	0	0	0	34	1,73%	
		<i>Calamoceratidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
		<i>Hydropsychidae</i>	15	29	12	36	0	0	8	0	0	0	0	0	15	29	12	36	8	15	8	7	4	3	0	0	0	237	12,09%
		<i>Hydrobiosidae</i>	5	8	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	19	12	1	0	0	2	0	0	0	3	0	74	3,77%
		<i>Glossosomatidae</i>	4	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	4	5	2	0		1	0	2	0	0	0	42	2,14%
		<i>Odontoceridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
		<i>Polycentropodidae</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	0	14	0,71%
		<i>Hydroptilidae</i>	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	4	0	0	1	0	0	0	1	0	16	0,82%
		<i>Xiphocentronidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	2	0	6	0	0	2	3	0	0	0	24	1,22%
		<i>Philopotamidae</i>	0	0	12	15	12	7	8	6	0	0	0	0	11	0	15	12	9	3	6	4	0	7	8	5	0	140	7,14%
	COLEOPTERA	<i>Ptilodactylidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
		<i>Elmidae</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3	4	3	7	4	2	2	4	0	0	3	0	0	35	1,78%
<i>Limmichidae</i>		0	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	13	0,66%	

		<i>Lutrochidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %	
		<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %	
		<i>Dryopidae</i>	4	0	3	3	0	5	7	0	0	0	0	2	9	8	8	0	4	0	3	0	0	0	56	2,86 %		
		<i>Staphylinidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0,25 %		
		<i>Scirtidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,10 %		
		<i>Psephenidae</i>	0	0	8	10	12	7	0	9	0	15	0	23	0	0	0	0	3	5	1	0	6	4	3	106	5,41 %	
		<i>Hydrochidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %	
	<b>EPHEMEROP TERA</b>	<i>Leptophlebiidae</i>	7	7	30	0	3	23	16	5	10	3	8	8	4	2	15	9	5	5	8	5	5	4	3	4	189	9,64 %
		<i>Baetidae</i>	10	39	7	35	13	0	6	11	2	9	10	10	2	3	3	4	4	2	3	4	3	8	6	0	194	9,89 %
		<i>Oligoneuriidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
		<i>Tricorythidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,20 %	
		<i>Euthyplociidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,15 %
		<i>Polymitarcyidae</i>	3	0	3	4	0	2	1	0	0	2	1	0	5	0	6	15	0	8	4	0	0	5	7	0	66	3,37 %
		<i>Leptohyphidae</i>	12	8	11	9	12	8	8	11	0	0	11	8	10	18	0	2	5	8	0	5	0	0	4	5	155	7,90 %
	<b>PLECOPTER A</b>	<i>Perlidae</i>	0	6	1	5	0	0	2	2	3	0	0	2	9	1	6	2	1	0	0	0	10	0	0	7	57	2,91 %
	<b>HEMIPTERA</b>	<i>Gerridae</i>	4	4	0	3	3	5	2	1	2	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1,58 %	
		<i>Naucoridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	10	4	1	0	2	0	0	3	0	0	32	1,63 %	
		<i>Hebridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
		<i>Hidrometridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
		<i>Veliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
		<i>Salidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %



Se obtuvieron en su totalidad 1961 macroinvertebrados acuáticos en los esteros El Limón (sitio afectado) y Las Damas (sitio control), en el cual el estero “Las Damas” evidenció un alto número de macroinvertebrados acuáticos por cada mes evaluado (1038), mostrando una diferencia en el estero “El Limón” presentó un menor número de individuos encontrados (923), por lo que la influencia de sus actividades agrícolas cercanas al estero afectan severamente la comunidad de los macroinvertebrados , Se estableció también que las familias de mayor presencia y abundancia fueron: *Hydropsychidae*, *Baetidae* y *Leptophleidae* y a diferencia de los individuos acuáticos de menor presencia se encontró la familia *Scirtidae* y *Corydalidae* , como se evidencia en la tabla 12.

**Tabla 10.** Distribución de macroinvertebrados por sustratos y hábitat en el uso de suelo agrícola del estero El Limón, Cantón Pangua.

ESTERO LIMÓN (SITIO AFECTADO POR ACTIVIDADES AGRICOLAS)																		
CLASE	ORDENES	FAMILIAS	SUSTRATO	HABITAD	A				B				C				TOTAL	%
					NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB		
INSECT A	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	Piedras	corrientes rápidas	15	13	15	12					9	5		69	7,48%	
		<i>Hydropsychidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes rápidas	15	29	12	36			8					100	10,83%	
		<i>Hydrobiosidae</i>	Piedras	corrientes lentas	5	8	7	9								29	3,14%	
		<i>Glossosomatidae</i>	Piedras	corrientes moderadas	4	3	4	5								16	1,73%	
		<i>Polycentropodidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes lentas	2				1					1	2	6	0,65%	
		<i>Hydroptilidae</i>	Hojarascas	corrientes moderadas		1		3								4	0,43%	
	<i>Philopotamidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas			12	15	12	7	8	6				60	6,50%		
	COLEOPTERA	<i>Elmidae</i>	Gravas	corrientes moderadas						2	1					3	0,33%	
		<i>Limnichidae</i>	Gravas y hojarascas	corrientes moderadas		4		5								9	0,98%	
		<i>Dryopidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes lentas	4		3	3		5	7					22	2,38%	
		<i>Psephenidae</i>	Piedras	corrientes moderadas			8	10	12	7		9		15	23	84	9,10%	
	EPHEMEROPTER A	<i>Leptophlebiidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas	7	7	30		3	23	16	5	10	3	8	8	120	13,00%
<i>Baetidae</i>		Hojarascas	corrientes lentas	10	39	7	35	13		6	11	2	9	10	10	152	16,47%	

	<i>Polymitarciidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes lentas	3		3	4		2	1			2	1		16	1,73%
	<i>Leptohephyidae</i>	Hojarascas	corrientes moderadas	12	8	11	9	12	8	8	11			11	8	98	10,62%
<b>PLECOPTERA</b>	<i>Perlidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes lentas		6	1	5			2	2	3			2	21	2,28%
<b>HEMIPTERA</b>	<i>Gerridae</i>	Hojarascas	corrientes moderadas	4	4		3	3	5	2	1	2	1	4	2	31	3,36%
<b>MEGALOPTERA</b>	<i>Corydalidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas					1								1	0,11%
<b>ODONATA</b>	<i>Polythoridae</i>	Hojarascas	corrientes lentas	1	3	1	2			1		1				9	0,98%
	<i>Coenagrionidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes rápidas				1								1	2	0,22%
	<i>Libellulidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas	2	3	3	3	1	2	2	3		1		1	21	2,28%
<b>DIPTERA</b>	<i>Tipulidae</i>	Arena y Hojarascas	corrientes lentas						1							1	0,11%
	<i>Thaumaleidae</i>	Piedras y hojarascas	corrientes rápidas									5	6	4	8	23	2,49%
	<i>Simulidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas										2		3	5	0,54%
	<i>Dolichopodidae</i>	Piedras	corrientes lentas	5	1	1		4	3	5	2					21	2,28%
	<b>TOTAL</b>			89	12	11	16	62	65	67	50	32	45	38	68	923	100,00 %

**Elaborado por:** Autora

En la presente tabla 13, expresa los resultados obtenidos de los macroinvertebrados encontrados por cada punto de muestreo, mediante la aplicación de la evaluación de sustratos y microhábitat en relación al uso de suelo. Es por ello que en el estero El Limón (actividades agrícolas), se presenció que la familia *Baetidae* del orden Ephemeroptera fue la más representativa en los cuatro meses de monitoreo, encontrándose así en las hojarascas y en corrientes lentas, siendo evidentemente que su cuerpo de agua está ligeramente contaminado, debido a que sus principales actividades agrícolas son las plantaciones de cacao, plátano y maíz.

**Tabla 11.** Distribución de macroinvertebrados acuáticos por sustrato y microhábitat en el estero Las Damas, Cantón Pangua.

		ESTERO DAMAS (SITIO CONTROL)																	
CLASE	ORDENES	FAMILIAS	SUSTRATO	HABITAD	A				B				C				TOTAL	%	
					NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB			
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	Rocas	corrientes rápidas	8	4	8	9	7	6	8	4	1	0	0	0	55	5,30%	
		<i>Helicopsychidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	5	6	4	7	3	2	4	2	0	0	0	0	33	3,18%	
		<i>Hydropsychidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	15	29	12	36	8	15	8	7	4	3	0	0	137	13,20%	
		<i>Hydrobiosidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	4	4	19	12	1	0	0	2	0	0	0	3	45	4,34%	
		<i>Glossosomatidae</i>	Rocas	corrientes rápidas	5	7	4	5	2	0		1	0	2	0	0	26	2,50%	
		<i>Polycentropodidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	8	0,77%	
		<i>Hydroptilidae</i>	Hojarascas	corrientes moderadas	3	1	2	0	4	0	0	1	0	0	0	1	12	1,16%	
		<i>Xiphocentronidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes moderadas	4	3	4	2	0	6	0	0	2	3	0	0	24	2,31%	
		<i>Philopotamidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	11	0	15	12	9	3	6	4	0	7	8	5	80	7,71%	
	COLEOPTERA	<i>Elmidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	3	4	3	7	4	2	2	4	0	0	3	0	32	3,08%	
		<i>Limnichidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0,39%	
		<i>Dryopidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	2	9	8	9	0	4	0	3	0	0	0	0	35	3,37%	
		<i>Staphylinidae</i>	Hojarascas	corrientes lentas	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,48%	
		<i>Scirtidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,19%	
<i>Psephenidae</i>		Rocas	corrientes rápidas	0	0	0	0	0	3	5	1	0	6	4	3	22	2,12%		
EPHEMEROPTERA	<i>Leptophlebiidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	4	2	15	9	5	5	8	5	5	4	3	4	69	6,65%		

		<i>Baetidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	2	3	3	4	4	2	3	4	3	8	6	0	42	4,05%
		<i>Tricorythidae</i>	Rocas	corrientes rápidas	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,39%
		<i>Euthyplociidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,29%
		<i>Polymitarcyidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	5	0	6	15	0	8	4	0	0	5	7	0	50	4,82%
		<i>Leptohyphidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes moderadas	10	18	0	2	5	8	0	5	0	0	4	5	57	5,49%
	<b>PLECOPTERA</b>	<i>Perlidae</i>	Arena y Hojarasca	corrientes rápidas	9	1	6	2	1	0	0	0	10	0	0	7	36	3,47%
	<b>HEMIPTERA</b>	<i>Naucoridae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	0	12	10	4	1	0	2	0	0	3	0	0	32	3,08%
	<b>ODONATA</b>	<i>Polythoridae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	10	2	3	5	0	0	2	2	3	0	0	0	27	2,60%
		<i>Calopterygidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	0	3	0	0	1	0	0	0	2	3	0	2	11	1,06%
		<i>Coenagrionidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	0	4	0	7	2	0	5	0	7	2	8	5	40	3,85%
		<i>Libellulidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	16	5	16	6	6	0	5	7	10	0	0	2	73	7,03%
	<b>DIPTERA</b>	<i>Tipulidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	8	2	0	0	0	2	0	0	5	3	0	8	28	2,70%
		<i>Chironomidae</i>	Rocas y hojarascas	corrientes rápidas	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	7	0,67%
		<i>Psychodidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	0	2	9	3	0	0	4	2	0	0	0	1	21	2,02%
		<i>Simulidae</i>	Hojarascas	corrientes rápidas	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0,29%
		<i>Dolichopodidae</i>	Hojarascas, rocas	Corrientes rrápidas	0	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1,45%
	<b>TOTAL</b>				133	132	149	166	63	71	71	56	55	50	46	46	1038	100,00%

Elaborado por: Autora

En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos sobre la evaluación de sustratos y microhábitat empleado en los tres puntos de muestreo del estero Las Damas respectivamente y su relación del suelo que es el bosque secundario, ya que el mismo son plantaciones de árboles agroforestales, frutales que son usados para la remediación de las áreas afectadas por la actividad agrícola, dicho estudio fue realizado durante los meses noviembre, diciembre, enero y febrero, en el que se mostró diversidad en sus sustratos, por lo que se determinó que la familia de mayor abundancia y más representativa es *Hydropsychidae* perteneciente al orden Trichoptera, siendo las rocas y hojarascas y su microhábitat las corrientes rápidas. Estos individuos por lo general habitan en aguas limpias poco contaminadas.

Esta evaluación de sustratos y microhábitats realizado en el estero El Limón y Las Damas del Cantón Pangua, fueron evidenciadas las familias de insectos acuáticos de mayor predominancia en relación al uso de suelo (ver tabla 13 y 14). Dio como resultado que en el estero El Limón el sustrato es poco diverso y la familia mayor representada en los cuatro meses de monitoreo fue *Baetidae* de orden Ephemeroptera encontradas en hojarascas caracterizadas por corrientes lentas. Sin embargo, en el estero Las Damas se encontró con mayor abundancia en rocas y hojarasca, la familia *Hydropsychidae* de orden Trichoptera con característica de corrientes rápidas en su microhábitat, mostrando además que existe diversidad en sus sustratos.

#### **4.2.3. 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.**

Con respecto a los índices de diversidad que se aplicaron para calcular la diversidad, riqueza y dominancia de las especies de los esteros El Limón (actividad agrícola) y Las Damas (bosques) en relación con respecto a los usos suelos y meses de evaluación, se obtuvo como resultado una variación durante meses de monitoreo respectivamente con los índices de diversidad, riqueza y dominancia.

**Tabla 12.** Aplicación de los índices de diversidad, dominancia y riqueza.

Uso de Suelo	Sitio de Muestreo	Shannon_H	Simpson_1-D	Margalef
Agrícola	A	2,52	0,89	3,06
	B	2,33	0,88	2,91
	C	2,20	0,87	2,50
Bosque	A	3,02	0,94	4,40
	B	2,92	0,93	4,67
	C	2,84	0,93	4,35

**Fuente:** Past 4.0

**Elaborado por:** Autora

De acuerdo con los resultados demostrados en la tabla 15, en las seis unidades muestreo de la zona de estudio, se identificó que el índice de diversidad de Shannon se registró con mayor diversidad en el sitio A del estero Las Damas (3,02) con respecto al uso de suelo (bosque) existiendo una diferencia en el estero El Limón, ya que registraron valores de (2,33) sitio B y (2,20) en el sitio C, siendo dichos valores menores a 2,5, lo que significa que los puntos afectados están sometidos a tensión por actividades agrícolas. Se evidencia también que en cuanto al índice de Simpson resultó con mayor valor de (0,94) el sitio A del estero Las Damas lo cual manifiesta mayor dominancia de especies, contrariamente de los puntos A, B y C del estero El Limón que mostraron números bajos de especies, Para el índice de Margalef se mostró que el sitio que posee mayor riqueza de familias es el sitio B (4,67) perteneciente al estero Las Damas lo que se refleja en las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados, a diferencia del estero El Limón que se presentó valores bajos en sus sitios de muestreo de (3,06), (2,91) y (2,50) respectivamente.

#### **4.2.3.1 Similaridad de familia por sustratos mediante el índice de Jaccard**

La tabla 16 muestra la similaridad entre los puntos de muestreo de acuerdo al índice de Jaccard, es decir la interacción entre los puntos de monitoreo Damas A y Damas B evidencian el mayor porcentaje de similaridad de las familias de macroinvertebrados encontrados (0,806), seguidamente de la interacción del punto Damas B y Damas C con

un valor de (0,821); y también presentaron mayor similitud de familia los puntos Limón A y Limón B con un valor de (0,609) a diferencia de la interacción de los sitios de muestro Damas A y Limón C que presentaron un valor de (0,303) de familias de macroinvertebrados acuáticos.

**Tabla 13.** Similitud de familia de macroinvertebrados en los puntos de muestreo

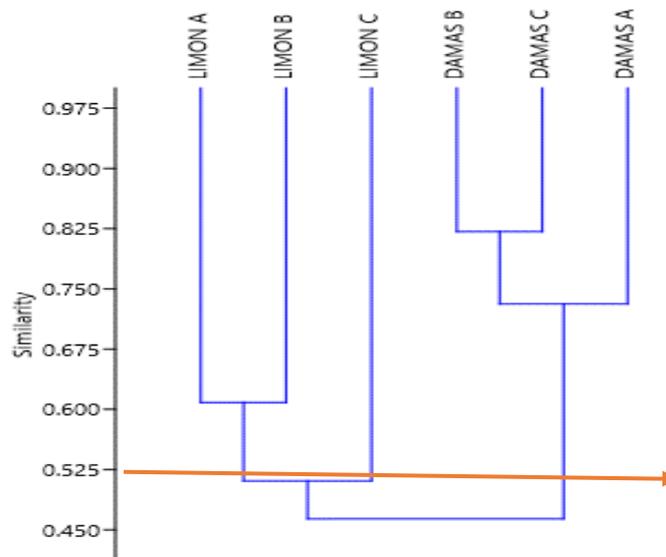
SITIOS DE MUESTREO	DAMAS A	DAMAS B	DAMAS C	LIMON A	LIMON B	LIMON C
DAMAS A	1	0,806	0,656	0,531	0,394	0,303
DAMAS B		1	0,821	0,621	0,467	0,414
DAMAS C			1	0,571	0,464	0,407
LIMON A				1	0,609	0,545
LIMON B					1	0,476
LIMON C						1

**Fuente:** Past 4.0

**Elaborado por:** Autora

De acuerdo al análisis de conglomerados y composición de Clúster, (Gráfico 4), expresa que existen tres grupos diferente que forman comunidades similares por encima del 0,523 (52%), demostrando que los grupos de especies más parecidas se encuentran en Damas B, C y A; mientras que los grupos de menor similitud de macroinvertebrados acuáticos se evidencian en Limón C seguido de Limón A y B, es decir que la formación de comunidades acuáticas es más distante y menos parecida.

**Gráfico 4.** Análisis Clúster en los sitios de muestreo



**Elaborado por:** Autora

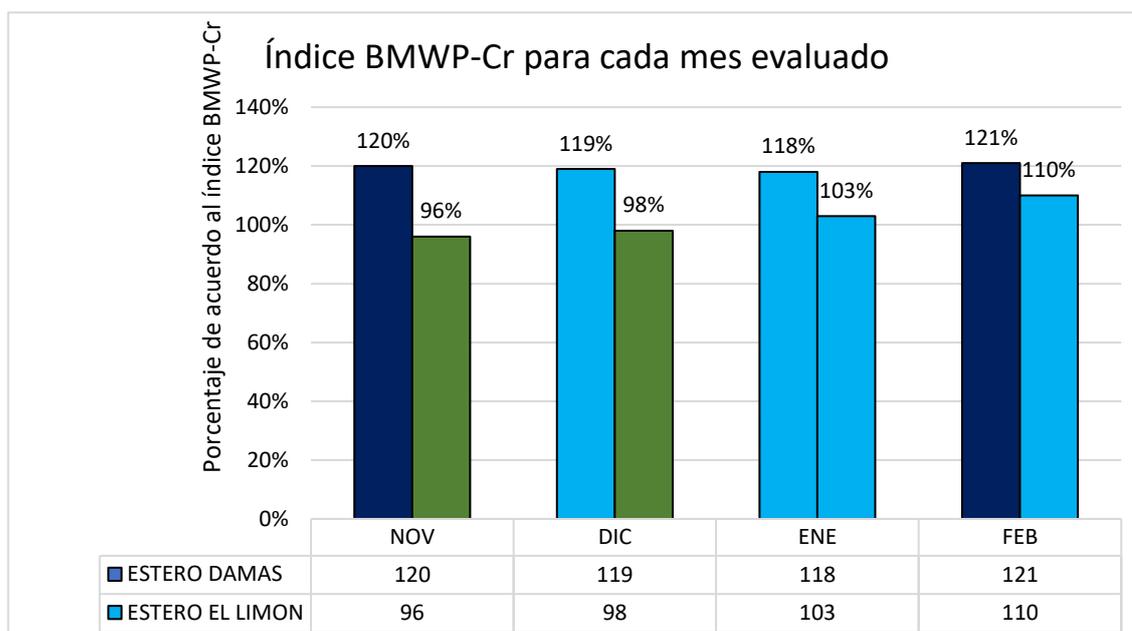
### **4.3. Determinar la calidad del agua del estero El Limón, mediante la aplicación BMWP-Cr.**

#### **4.3.1. Aplicación del índice biológico (BMWP-Cr) en los esteros El Limón y Las Damas**

De acuerdo a lo datos presentados en el gráfico 5, se presencian los resultados obtenidos mediante la aplicación BMWP-Cr en los esteros EL Limón (actividades agrícolas) y estero Las Damas (Bosques).

El monitoreo respectivo al estero el Limón (sitio afectado) mostró valores de 96% para el mes de noviembre, diciembre con 98% manifestando que la calidad de sus aguas es de calidad regular o contaminación moderada a diferencia de los meses de enero 103% y febrero 110% , reflejando que la calidad de sus cuerpos de agua fue buena, no contaminada alteradas de manera sensible, debido a sus agua se torna más caudalosa en dichos meses, lo que permite que los contaminantes no se concentren de manera prolongada en un solo lugar. Sin embargo el estero Las Damas (sitio control), se mostraron valores altos en el mes de noviembre y febrero con un porcentaje mayor a 120, lo cual determina que la calidad de agua en esos meses de monitoreos fue de calidad excelente, sin embargo en los meses de diciembre y enero presentaron sus valores porcentuales de 118 y 119 respectivamente, demostrando en esos meses evaluados que la calidad fue buena, no contaminada; esto se debe a la presencia actual de plantaciones de árboles forestales, que son implementados con la idea de mejorar las áreas afectadas por la intervención de las actividades agrícolas que sigue siendo actividad pionera para el comercio (Gráfico 5).

**Gráfico 5.** Aplicación del índice BMWP-Cr para cada mes monitoreado



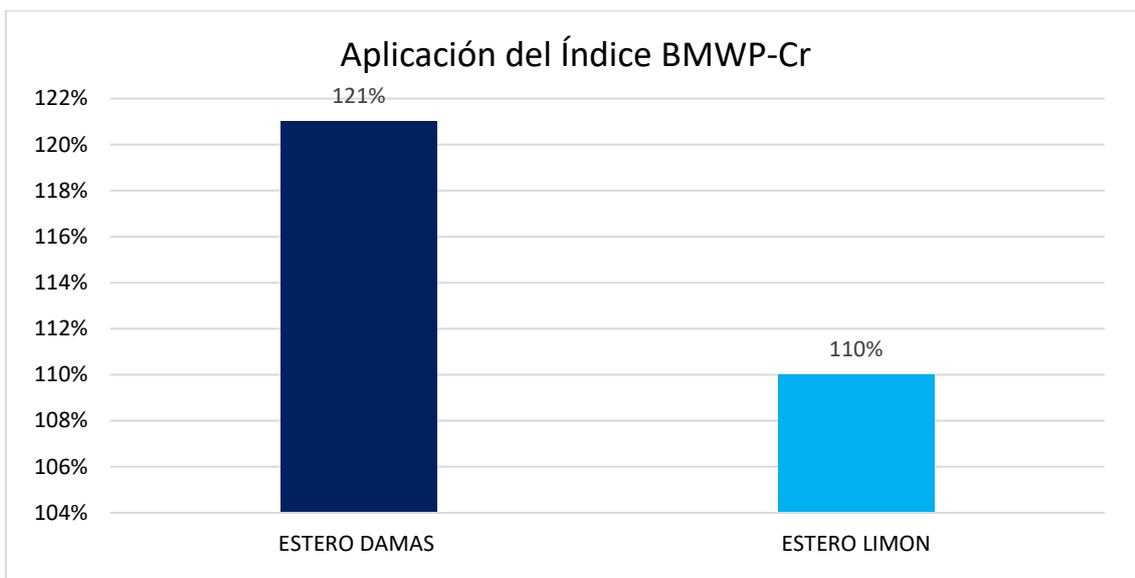
**Elaborado por:** Autora

#### **4.3.2. Calidad de agua mediante la aplicación del índice biológico BMWP-Cr con respecto a los usos de suelos en los esteros El Limón y Las Damas del cantón Pangua.**

De acuerdo a lo observado en el gráfico 6, en relación a los resultados obtenidos y el grado de tolerancia que poseen los macroinvertebrados cuyo puntaje fluctúa de 1 a 9 con respecto a las familias, se determinó que la calidad de agua para el estero Las Damas (sitio control) es excelente con un valor de 121 y la calidad de agua para el estero El Limón (actividades agrícolas) es buena no contaminada alteradas de manera sensible con un valor de 110.

Esto debido a que el estero Las Damas se encuentra alejado de fuentes contaminantes y rodeado de árboles agroforestales y vegetación, a diferencia del estero El Limón que, si posee cultivos agrícolas de ciclos permanentes y cortos, sumándole el cultivo de pastizales para criadero de bovinos vacunos (en poca proporción), lo que hace que emita en mayor porcentaje sus residuos contaminantes.

**Gráfico 6.** Índice BMWP-Cr para los esteros



**Elaborado por:** Autora

#### **4.4. Implementar un plan de manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón**

##### **4.4.1. Título de la propuesta**

Plan de Manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero el Limón, Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi, 2020.

##### **4.4.2. Introducción**

Ante la problemática detectada en el estero el Limón debido al uso de suelo, se procede a elaborar el plan de manejo para la recuperación de dicho estero el cual se encuentra influenciado por actividades agrícolas.

El plan de manejo es una importante herramienta para la recuperación de los nichos acuáticos atenuando y mitigando los impactos negativos que se producen por las actividades antes mencionadas, ya que mediante su aplicación soluciona, corrige y mitiga los problemas de contaminación existente en el estero el Limón. Dicha propuesta se basa en la política ambiental del Ecuador, además en normas y derechos para el Buen Vivir de acuerdo a lo que establece la ley de gestión ambiental.

La elaboración de esta propuesta de plan de manejo es de vital importancia, ya que mediante la misma se prevé la recuperación y preservación de los nichos acuáticos presentes en el estero El Limón del Cantón Pangua, ya que estos se encuentran influenciados por actividades agrícolas que se ejecutan a diario cerca del estero, cuya situación actual es determinada mediante la aplicación de índices de diversidad siendo estos ecológico y biológicos, manifestando la calidad del agua de los mismos.

#### **4.4.3. Justificación**

En el Cantón Pangua se identificó diversidad en el uso de suelo, pero sin embargo carecen de políticas estrictas y definidas en cuanto al manejo y consumo de los recursos naturales, tomando en cuenta que el agua es uno de los elementos más afectados por las diversas actividades antropogénicas desarrolladas a sus alrededores y en él, por lo que dicha percepción impulsan a la creación de nuevas herramientas que sujeten estrategias directas en un Plan de Manejo de Cuencas Hídricas en el que incluyan actores y sectores cuyo objetivo permita minimizar la contaminación y mejorar la calidad y cantidad del recurso hídrico para el consumo humano, además restaurar las comunidades de macroinvertebrados en los cuerpos de aguas para de esta manera contribuir de manera ambiental y económica a los habitantes del Cantón.

#### **4.4.4. Fundamentación**

Los Planes de Manejo, son de gran importancia a nivel mundial, debido a que incluyen aspectos sociales, económicos y ambiental que se integran interactuando entre si dentro de un cuerpo de agua. Mediante la aplicación, control, seguimiento y mejoramiento de dichos aspectos se prevé lograr soluciones que direccionen al desarrollo sustentable (30).

Para lograr los objetivos específicos y definidos de un Plan de Manejo es el adecuado manejo de los recursos naturales renovables en este caso agua, flora y fauna. Es necesario implementar estrategias importantes que permitan optimizar y conservar las cuencas hídricas, es decir emplear diversas actividades que permitan alcanzar los resultados positivos esperados en el aprovechamiento de un área de similares características.

#### **4.4.5. Objetivos**

##### **4.4.5.1. Objetivo General**

Implementar un Plan de Manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón del Cantón Pangua, 2020.

#### **4.4.5.2. Objetivos Específicos**

- Elaborar un diagnóstico situacional de la calidad del agua del estero El Limón en el Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi.
- Establecer programas y actividades que se ejecutarán dentro del Plan de Manejo Ambiental
- Construir un Plan de Manejo Ambiental para la protección y conservación del estero El Limón.

#### **4.4.6. Importancia**

Las medidas más importantes para la mitigación, y prevención de los impactos ocasionado por actividades varias como las antropogénicas y naturales se encuentran descritas dentro de un Plan de Manejo Ambiental, como así también presentan sugerencias para el seguimiento, control y mejoramiento de los impactos antes mencionados (30).

La importancia de desarrollar este Plan de manejo, es implementar programas o actividades que permitan el adecuado manejo y conservación de las cuencas hidrográficas, teniendo un enfoque preciso en el control de la erosión en las zonas de agricultura masiva.

#### **4.4.7. Ubicación Sectorial y Física**

El desarrollo de este Plan de Manejo se ejecutará en la Parroquia Moraspungo del cantón Pangua, planificando la recuperación de las zonas intervenidas por las actividades agrícolas, mediante la implementación de acciones correctivas para el adecuado manejo de los recursos presentes.

#### **4.4.8. Factibilidad**

El desarrollo de esta propuesta es factible ya que será socializada con las autoridades pertinentes del Gad Municipal del Cantón Pangua para que puedan buscar apoyos en las comunidades por medios de convenios en los que se beneficien a los habitantes y no afecten con mayor proporción al estero.

##### **4.1.8.1 Factibilidad Social**

Mediante la implementación de esta propuesta de Plan de Manejo, beneficiará a la recuperación del estero El Limón atenuando los impactos negativos que han sido

previstos, empleando acciones y estrategias para el adecuado manejo de los recursos naturales renovables y sobre todo permitirá sensibilizar a la ciudadanía sobre dichos efectos por medio de la educación ambiental para desarrollar el cambio de aptitudes, actitudes y conductas que ayuden a la preservación ambiental.

#### **4.1.8.2. Factibilidad Legal**

La presente propuesta se fundamenta en aspectos legales regidos para todo el territorio nacional, siendo así que en relación a lo establecido en la Carta Magna, la **Constitución de la República del Ecuador, 2008** (40), de acuerdo al Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre de 2008 abarca normas y leyes a las cuales los ecuatorianos deben regirse, pero a su vez esta también incluye aspectos relacionados a la temática ambiental en este caso el recurso agua con la finalidad de poder alcanzar lo dispuesto en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, siendo así que en la siguiente tabla, se evidencia los artículos correspondiente a:

En referencia a lo dispuesto en el Título II: Derechos, Capítulo Segundo: Derechos del buen vivir, en su Sección Primera: Agua y Alimentación específicamente en el Art.12 se estipula que *“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”*.

Siendo así que en la Sección Segunda: Ambiente Sano, expresa que de acuerdo al Art.14 *“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”*.

De igual manera se sustenta en lo establecido en el Título VI. Régimen de desarrollo, Capítulo quinto: Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas en razón a lo establecido en el Art. 318 en el que expone lo siguiente: *“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se*

*destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley”(40).*

Respecto a lo establecido en el Título VII. Régimen del buen vivir en el capítulo segundo titulado Biodiversidad y recursos naturales específicamente en la sección sexta Agua, Art.411 establece que *“El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua”*. Además, se muestra también lo considerado en el Art. 412.- *“La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico”*.

**El Plan Nacional De Desarrollo “TODA UNA VIDA”** (41), expresa mediante su Objetivo Nacional de Desarrollo lo siguiente, de acuerdo al Eje 1: Derechos para Todos Durante la Vida en concordancia a lo dispuesto en el Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. Se establece, que, la conservación y uso sostenible de los ecosistemas generadores de agua, como los bosques alto andinos, páramos y humedales que proveen del recurso y mantienen el caudal ecológico de quebradas, ríos, acuíferos y manantiales, es prioritaria, ya que son las principales fuentes para consumo humano y riego, y para proyectos hidroeléctricos.

Bajo esta perspectiva, se precisa el incremento de la superficie del territorio ecuatoriano destinado a proteger fuentes de agua, con lo que se consolida el enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos, se desarrollan mecanismos de compensación, y la declaratoria de áreas de protección hídrica.

Siendo así que, dentro de las políticas de este eje se establece las siguientes:

3.1 Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

3.8 Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.

3.9 Liderar una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

Dentro de las Metas propuestas al año 2021, se definen las siguientes:

- Reducir y remediar la contaminación de fuentes hídricas a 2021.
- Incrementar el porcentaje de aguas residuales con tratamiento adecuado a 2021.
- Incrementar el número de municipios que depuran las descargas de agua antes de verterlas al ambiente, a 2021.

Este eje a su vez cuenta con Intervenciones emblemáticas, en este caso direccionadas a entre las cuales destaca:

- Agua segura para todos

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable; en este sentido, esta intervención busca manejar y aprovechar de manera integral el recurso hídrico con una visión que supere las inequidades territoriales en acceso, calidad y cantidad, además de comprometer a todos los actores sociales involucrados en su cuidado y uso responsable.

Agua Segura para todos procura desarrollar en la población una cultura adecuada para el cuidado del agua. Este es el paso más importante, ya que comprende la difusión imperativa de información sobre el manejo y el cuidado del recurso hídrico, además del desarrollo de estrategias para lograr sostenibilidad de las infraestructuras relacionadas con el manejo de agua.

Por otro lado, esta intervención aporta a la consecución de soberanía alimentaria en el país y al crecimiento adecuado de la productividad de la agroindustria en todos sus niveles

Como parte de la Normativa Ambiental que rige en el Ecuador, se hace énfasis en el **Código Orgánico del Ambiente** (42), mismo que define lo siguiente:

De acuerdo a lo estipulado en el Libro preliminar, Título I. Objeto, ámbito y fines en su Art.1 Art. 1.- Objeto. Se establece que *“Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o Sumak Kawsay”*.

Además, según lo indicado en el Título II. De los derechos, deberes y principios ambientales correspondiente al mismo libro preliminar en el Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano se acuerda que *El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:*

*-2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos costeros;*

*-4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.*

De igual manera en el Art.30. Objetivos del Estado, se establece que *Los Objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:*

En cuanto a lo establecido en el Libro Tercero de la calidad ambiental, específicamente en el Capítulo V. Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos en su Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Se indica que *“Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración”*. También en su Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo, se define que *“La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto”*. De igual manera, el Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales se establece que *“Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la*

*infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia”(42).*

En cuanto a lo estipulado en la **Ley Orgánica de Recursos Hídricos**, usos y Aprovechamiento Del Agua (43), expone lo siguiente:

En el Título I. Disposiciones preliminares con especial énfasis en el Capítulo I. De los Principios, en el Art. 1. Naturaleza jurídica. *“Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial”*. En el Art. 2.- *“Ámbito de aplicación, establece que “La presente Ley Orgánica regirá en todo el territorio nacional, quedando sujetos a sus normas las personas, nacionales o extranjeras que se encuentren en él”*. Y por su parte el Art. 3.- Objeto de la Ley, se insta que *“El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución”*.

De igual manera sustentando en lo dispuesto en el Art.8.- Gestión integrada de los recursos hídricos, se especifica que *“La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia”*. Además, en el Art 12.-Protección, recuperación y conservación de fuentes, se establece que *“El Estado, los*

*sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramo así como la participación en el uso y administración de las fuentes de agua que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las comunidades generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley”.*

Con respecto a lo establecido en el Capítulo II: Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos en la Sección Primera: Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua se constituye en el art. 25- Consejo de Cuenca Hidrográfica, siendo este *“El órgano colegiado de carácter consultivo, liderado por la Autoridad Única del Agua e integrado por los representantes electos de las organizaciones de usuarios, con la finalidad de participar en la formulación, planificación evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca”.*

Siendo así que de acuerdo a lo dispuesto en la Sección Segunda: Planificación Hídrica se menciona en su Art. 28.- Planificación de los Recursos Hídricos, que, *“Corresponde a la Autoridad Única del Agua la ejecución de la planificación hídrica, sobre la base del Plan Nacional de Recursos Hídricos y Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca hidrográfica”.*

En el Art. 29.- Contenido de los planes hídricos, se especifica que *“Los planes hídricos contendrán: 1. El Plan Nacional de Recursos Hídricos contendrá: a) Los balances hídricos a nivel nacional; b) Las obras hidráulicas que deberán construirse para la satisfacción de las necesidades hídricas; c) Los factores de conservación y protección del agua y de los ecosistemas en los que se encuentra; y, d) La previsión y condiciones de realización de trasvases de agua entre distintos ámbitos de planificación hidrológica de cuenca. 2. Los planes de gestión integral de recursos hídricos por cuenca hidrográfica contendrán: a) La descripción de los usos del agua presentes y futuros en su ámbito territorial; b) La descripción de las necesidades hídricas en cada cuenca; c) Los elementos de preservación del agua para el cumplimiento de los objetivos del plan; d) El orden de prioridad de los aprovechamientos del agua para actividades productivas, adaptado a las necesidades de la respectiva cuenca; y, e) La descripción de las fuentes de agua y de las áreas de protección hídrica en cada cuenca y los medios de salvaguardarlas.*

Además, se hace énfasis en lo dispuesto en el Capítulo III: Derechos de la naturaleza en su Art. 64.- Conservación del agua, se establece que *“la naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a: a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares; b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad; c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico; d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y, e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos”*.

#### 4.4.9. Plan de trabajo

**Tabla 14.** Planificación de Trabajo de la propuesta de Plan de Manejo para la mejora y recuperación del estero El Limón, Cantón Pangua

NOMBRE DEL PROYECTO	OBJETIVO	UBICACIÓN	ACTIVIDADES PROPUESTAS	META	COSTOS	RESPONSABLES
Plan de Manejo para la recuperación de la calidad del agua en el estero El Limón en el cantón Pangua	Establecer las medidas del Plan de Manejo Ambiental del estero El Limón en el cantón Pangua, 2021	Recinto El Limón, Sector María Isabel	Elaborar un diagnóstico situacional de la calidad hídrica del estero El Limón en el Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi.	Para el 2021, diagnosticar al 100% las actividades agrícolas que intervengan en la calidad del agua del estero	5000,00	GAD Municipalidad del Cantón Pangua. Ministerio del Ambiente (MAE) SENAGUA
			Establecer programas y actividades que se ejecutarán dentro del Plan de Manejo Ambiental	Para el 2021, poseer programas y planes incluidos en el Plan de Manejo Ambiental		
			Construir un Plan de Manejo Ambiental para la conservación del estero El Limón.	Para el 2021, ejecutar el Plan de Manejo para la recuperación del estero El Limón		

**Fuente:** Autora

**Elaborado por:** Autora

#### 4.4.10. Actividades

Los presentes programas propuestos en la tabla 18, se acogen a los resultados obtenidos anteriormente, y se direccionarán a las máximas autoridades competentes del cantón y a los moradores en general, con la finalidad de minimizar los impactos generados por las actividades agrícolas.

**Tabla 15.** Programas y Plan de Manejo Ambiental propuestos para la recuperación del estero El Limón.

<b>NOMBRE DEL PLAN</b>	<b>PROGRAMAS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>VALOR ESTIMADO (USD)</b>
Plan de prevención y mitigación de Impactos	Programa de Manejo de Recursos Naturales	Recuperación de plantaciones forestales, en un área aprox. de 4 ha con 8000 especies propias del cantón (laurel, roble, canelo, sindil, cascarillas, entre otras especies) como zona de protección para el estero.	No. de ha y especies reforestadas de acuerdo a la normativa forestal vigente No. de reuniones informativas entidades involucradas No. de visita técnica al campo	10 años	GAD de Pangua Prefectura de Cotopaxi SENAGUA MAE	5000
		Plantear normas y acuerdos que permitan la protección de las áreas que se encuentran degradada por las actividades agrícolas	No. de reuniones informativas con los actores implicados No. de acuerdos	6 meses	GAD Municipal de Pangua GAD's Parroquiales	800
		Ejecución de un sistema de gestión integral de residuos agrícolas y disposición final	No. de charlas expuestas Registro de asistencia de participantes Evidencias fotográficas	2 años	GAD Municipal del cantón Pangua Institución Universitaria	700
		Implementar normativa de prohibición para la construcción	No. de fichas de registro a reuniones	1 año	GAD Municipal del cantón Pangua	2000

		de presas, represas o embalses en los esteros	N. de actores identificados N. de acuerdos			
Plan de monitoreo y seguimiento ambiental	Programa de educación Ambiental e Investigación y monitoreo ambiental.	Implementar programas de educación ambiental	No. de charlas dictadas Informe de registro de asistencia Anexos fotográficos	2 años	GAD Municipal y Parroquial pertenecientes al cantón Pangua MAE Universidad Técnica de Quevedo	500
		Involucrar a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las entidades públicas, motivándolos a participar con la comunidad en las campañas de Educación Ambiental	Informe de asistencia, aprobación y participación de estudiantes de UTEQ Registro de estudiantes participantes en el proyecto	5 años	GAD Municipal y Parroquial pertenecientes al cantón Pangua MAE Universidad Técnica de Quevedo	3000
		Capacitaciones a los agricultores sobre el adecuado manejo de suelo	No. de charlas dictadas Informe de registro de asistencia registros fotográficos	1 año	GAD Municipal del cantón Pangua MAE Universidad Técnica de Quevedo	2500
		Crear campañas de reforestación para toda la zona cantonal con la colaboración de instituciones educativas	No. de charlas dictadas Informe de registro de asistencia de los participantes Anexos fotográficos	4 años	GAD Municipal del cantón Pangua Universidad Técnica de Quevedo	3000

		Crear charlas informativas sobre métodos de cultivos sostenibles agrícola de bajo impacto para el ambiente	No. de charlas dictadas Informe de registro de asistencia de los participantes Anexos fotográficos	3 años	GAD Municipal del cantón Pangua MAGAP Universidad Técnica de Quevedo	3000
		Impulsar nuevas ordenanzas en el municipio de Pangua para la existencia de un nuevo y continuo control sobre el manejo y uso del cuerpo hídrico del estero Limón	No. de reuniones. No. de actas No. de acuerdos establecidos.	6 meses	GAD Municipal del cantón Pangua GAD's Parroquiales	700
		Monitoreo del sistema de gestión de residuos generados en el sector	No. de casos registrado No. de visitas técnicas al campo.	3 años	GAD Municipal y parroquial del cantón Pangua	3000
		Control y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental para la recuperación del estero El Limón	Fiscalizador ambiental por parte del GAD de Pangua	10 años	SENAGUA GAD Municipal del cantón Pangua GAD's Parroquiales	3000
		Construcción de comités de gestión de esteros y ríos, integrado por moradores voluntarios	No. de encuestas No. de encuentros técnicos No. de charlas expuestas No. de acuerdos alcanzados Informes de asistencia	5 años	SENAGUA GAD Municipal del cantón Pangua GAD's Parroquiales	3000

	Programa de Calidad del Agua	Control de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores	No. de visitas al campo No. de familias de insectos acuáticos encontrados No de participantes Evidencias fotográficas	10 años	SENAGUA GAD Municipal del cantón Pangua GAD's Parroquiales	8000
		Establecer una red de monitoreo de calidad de agua en las cercanías del estero	No. de visitas técnicas locales Registro y archivo la información encontrada Creación de Mapas de los sitios establecidos	2 años	SENAGUA GAD Municipal del cantón Pangua Moradores Parroquiales Universidad Técnica Estatal de Quevedo	2000
					Total	32,208

**Fuente:** Autora

**Elaborado por:** Autora

#### **4.4.11. Plan de prevención y mitigación de impactos**

Mediante la ejecución de este Plan de Prevención y Mitigación de impactos, se emplearán programas con la finalidad de mitigar y prevenir los impactos negativos que se ocasionen en las distintas fases del proyecto.

##### **4.4.11.1. Objetivos**

- ❖ Preservar, conservar y cuidar el caudal del estero el Limón equilibrando su ecosistema y optimizando la calidad del ambiente
- ❖ Redimir y proteger los suelos erosionados por las actividades agrícolas dentro de las áreas que conforma al estero
- ❖ Reforestar las zonas deterioradas por las actividades agrícolas
- ❖ Resguardar la biodiversidad de las especies acuáticas naturales propias del estero.

##### **4.4.11.2. Justificación**

Para equilibrar los procesos de deterioro ambiental producidos por las actividades agrícolas se implementarán prácticas adecuadas para el manejo y uso de suelo, la gestión integral de los desechos sólidos y líquidos, métodos de conservación flora y fauna por medio de la herramienta de sistema de información geográfica (SIG), y finalmente capacitaciones continuas a los moradores aledaños al estero El Limón, ya que la gran parte de ellos son productores agrícolas.

##### **4.4.11.3. Resultados esperados**

- ❖ Recuperación de la fauna y flora presente de los sitios de estudio del estero El Limón
- ❖ Mantenimiento del equilibrio ecológico mediante educación ambiental a los pobladores
- ❖ Participación de las entidades comunitarias sobre la importancia y el adecuado uso de los recursos naturales del sector y la elaboración de normas y políticas ambientales de protección.

- ❖ Reforestación total con especies forestales propias de la zona en los alrededores del estero y técnicas adecuadas de manejo.

#### **4.4.11.4. Programa de manejo de recursos naturales**

Por medio de la aplicación de este programa de manejo de recursos naturales, se busca conservar y proteger las áreas que forman parte del estero El Limón, las cuales ha sido afectadas de manera severa por el incremento de la actividad agrícola y deforestación, ocasionando la pérdida rigurosa del hábitat y ecosistema natural de la fauna y flora.

##### **4.4.11.4.1. Actividades**

- ❖ Recuperar y restaurar con plantaciones forestales una superficie aprox. de 4 ha con 8000 especies propias del cantón (laurel, roble, canelo, sindil, cascarillas, entre otras especies), mediante técnicas forestales tradicionales.
- ❖ Plantear normativas y acuerdos que permitan la restauración, conservación y preservación de las áreas que se encuentran deterioradas por las actividades agrícolas
- ❖ Ejecución de un adecuado sistema de gestión integral para el manejo y disposición final de los desechos agrícolas generados en el estero El Limón
- ❖ Promover normativa de prohibición para la construcción de presas, represas o embalses en los cuerpos de agua.

#### **4.4.12. Plan de Educación Ambiental**

La finalidad de este plan es involucrar la participación de los moradores del sector, para que adquieran conocimientos más profundos sobre el manejo adecuado de los recursos naturales (agua, aire y suelo), lo cual permitirá la mejora de la calidad ambiental.

##### **4.4.12.1. Objetivos**

- ❖ Brindar capacitaciones y visitas técnicas al sector con temas de interés sobre el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos.
- ❖ Minimizar los efectos negativos provocados sobre el estero El Limón por medio de charlas ambientales

- ❖ Concientizar a la población y sensibilizarlos sobre el cuidado de los recursos mediante talleres teóricos-prácticos
- ❖ Identificar la relación entre las actividades humanas y los recursos naturales

#### **4.4.12.2. Justificación**

Las actividades agrícolas que se desarrollan a los alrededores del estero El Limón han generado impactos en el recurso, debido a las descargas de aguas residuales provenientes de las plantaciones agrícolas, disposición inadecuada de los residuos sólidos y líquidos de las actividades antropogénicas, carencia de control en los recursos hídricos por parte de las autoridades competentes, e indiscutiblemente la falta de conocimiento sobre las leyes y normativas ambientales que emiten resultados negativos a los recursos naturales.

#### **4.4.12.3. Resultados esperados**

- ❖ Concientización a los pobladores por medio de charlas y talleres de preservación y conservación de recursos hídricos.
- ❖ Optimización y protección de los recursos hídricos por parte de la población
- ❖ Manejo adecuado del agua por parte de los moradores.

#### **4.4.12.4. Programa de Educación Ambiental e Investigación**

Para minimizar el deterioro de la calidad de vida de los habitantes y la biodiversidad de especies en El Limón, es de vital importancia la implementación de educación ambiental mediante prácticas, lo que permitirá a las personas adquirir conocimientos y hábitos para el cuidado y protección del medio ambiente.

#### **4.4.12.5. Actividades**

- ❖ Implementación de programas de educación ambiental con temas de interés como calidad de agua, gestión integral de residuos, etc.

- ❖ Involucrar a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, tanto docentes como estudiantes y a la comunidad en sí, motivándola a participar mediante campañas de Educación Ambiental
- ❖ Capacitaciones a los agricultores sobre temas de uso y manejo adecuado del suelo, técnicas de remediación y conservación del suelo
- ❖ Creación de campañas de reforestación para toda la zona cantonal con la colaboración de instituciones educativas local y regional
- ❖ Creación de artículos, leyes u ordenanzas en el GAD Municipal del cantón Pangua para la existencia de control y seguimiento continuo del manejo y uso del estero Limón
- ❖ Monitoreo del sistema de gestión de residuos sólidos y líquidos producidos el sector EL Limón
- ❖ Eficacia del Plan de Manejo Ambiental para la recuperación del estero El Limón
- ❖ Creación de comités de gestión de esteros y ríos, integrado por moradores voluntarios

#### **4.4.12.6. Justificación**

Según, Guerrero (2015). El monitoreo está direccionado de manera técnica y sistemática a establecer la calidad del desempeño de un sistema o proceso, además permite examinar el avance y plantear soluciones correctivas para alcanzar los objetivos establecidos, realizando ajustes pertinentes para la sostenibilidad mediante la identificación de los éxitos y fracasos (33).

#### **4.4.12.7. Resultados esperados**

- ❖ El estero El Limón cuenta con una red de monitoreo de calidad de agua
- ❖ Los moradores del estero El Limón poseen un comité de voluntariados de cuidado de estero y ríos

- ❖ Adecuada gestión integral de desechos sólidos

#### **4.4.12.8. Programa de Calidad de Agua**

Por medio de la aplicación de este programa se logrará determinar la situación actual de la calidad del agua del estero El Limón, implementando técnicas de manejo adecuadas que ayuden a controlar y minimizar la degradación del mismo.

##### **4.4.12.8.1. Actividades**

- ❖ Control de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores
- ❖ Crear una red de monitoreo de calidad de agua en las cercanías del estero mediante parámetros físicos químicos y biológicos.

#### **4.4.13. Recursos Administrativos, financieros, tecnológicos**

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pangua, será la entidad responsable para la recuperación del estero El Limón, por medio de la aplicación de este Plan de Manejo.

#### **4.4.14. Impacto**

Para la debida ejecución de las prácticas y talleres ambientales a través del Plan de Manejo Ambiental, deberá realizarse un diagnóstico de la situación actual del estero El Limón, y por ende de las actividades agrícolas que emiten con mayor fuerza sus contaminantes. Dentro de este plan de manejo se incluyen medidas correctivas para la mitigación y control de los impactos negativos generados al estero, lo cual dicho plan permitirá garantizar el uso y manejo sustentable de los recursos naturales, mejorando notoriamente la calidad de vida a las personas y resguardando al ambiente.

## 4.5. Discusión de Resultados

- ❖ Con respecto a la determinación de las características hidromorfológicas del estero El Limón realizado en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero se pudo encontrar que el caudal presentó discordancia en relación a los meses de muestreo presentándose así un caudal máximo de 682 (l/s) en el mes de enero y el caudal más bajo 119 (l/s) en el mes de noviembre, también se determinó que la corriente más rápida se presentó en el mes de diciembre (0,50 m<sup>3</sup>/s) correspondiente al tramo 1 siendo el mismo que en conjunto al tramo 3 presentaron mayor profundidad del cauce, esto fue producido por las precipitaciones cambiantes de los meses que tuvieron su aporte en los volúmenes de agua, estos resultados presentan similitud al estudio desarrollado por Coello & Zambrano (2016) en el que basaron su estudio en el estero Aguas Claras, mismos que presentó iguales características hidromorfológicas, siendo así que respecto a la determinación de caudales el valor más alto se obtuvo en la época lluviosa en el mes de febrero siendo este 958 l/s y el valor mínimo en la época seca en el mes de octubre con un valor promedio de 27 l/s respectivamente, además en relación a la determinación de la velocidad de la corriente se identificó que el valor promedio se registró en la época seca de 0,078 m<sup>3</sup>/s en el tramo 1; 0,054 m<sup>3</sup>/s en el tramo 2, y 0,047 m<sup>3</sup>/s en el tramo 3 de igual manera en la época lluviosa se determinó un caudal de 0,451 m<sup>3</sup>/s en el tramo 1; 0,395 m<sup>3</sup>/s en el tramo 2; y 0,536 m<sup>3</sup>/s en el tramo 3. Con respecto al valor determinado de la velocidad de la corriente se identificó que el tramo 1 presentó mayor rapidez en ambas épocas seca y lluviosa, producto de la ausencia de plantas acuáticas y tipologías bien marcadas del área estudiada. De acuerdo a lo antes expresado, se corrobora que las características hidromorfológicas si son afectadas por las temporadas de precipitaciones altas y bajas (44).
- ❖ Con el objetivo de caracterizar las estructuras de las comunidades de macroinvertebrados mediante la aplicación de los Índices de diversidad en los sitios de estudios, obteniéndose así un total 1961 macroinvertebrados acuáticos, en relación a los meses evaluados respectivamente, de entre los cuales, el estero El Limón posee menor abundancia de macroinvertebrados acuáticos ya que se

encontraron 923 individuos del orden Ephemeroptera como el más representativo, debido a las actividades agrícolas presentes en las cercanías del cauce hídrico, es así que el estero Las Damas como sitio control mostró un total de 1038 especies, presentando mayor predominancia la familia *Hydropsychidae* del orden Trichoptera lo que significa que existe un nivel bajo de contaminación en el área de estudio. Respecto a los índices de diversidad, el estero Las Damas demostró ser el más superior, por lo que evidencia valores de (3,02) en el índice de Shannon, (0,94) en el índice de Simpson y (4,67) en el índice de Margalef; finalmente, el análisis de conglomerados de Clúster expone que dicho estero ostentó mayor similitud de comunidades de macroinvertebrados acuáticos con un 82%, por lo que se concluye que el estero Las Damas, al poseer presencia de bosques secundarios permiten que los macroinvertebrados acuáticos tiendan a incrementar su número poblacional. Estos resultados son respaldados por Guerrero (2015) quien realizó un estudio investigativo sobre la influencia de las actividades bananeras en el estero Cuaje seleccionando al estero Pise como sitio control para confrontar la afectación de dicha actividad, lo cual demostró mediante sus resultados que el orden mayormente encontrado fue el orden Ephemeroptera en el sitio de control, lo que significa que son propios de los sitios de bajo nivel de contaminación. Además, los índices de diversidad guardan estrecha relación con el presente proyecto ya que muestran al estero Pise como el más destacable, cuyo valor de diversidad supera el (2,5) a diferencia del estero Cuje cuyos valores menores indican que están sometidos a tensión por actividades antropogénicas (30). Así mismo, en otro estudio realizado por Barragán (2018), se determinó la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos en relación al uso de suelo en el Cantón Quevedo ya que en los últimos años este estero se ha convertido en un ecosistema de poca importancia para sus moradores afectando la fauna acuática del mismo, lo cual refleja como resultados que el uso de suelo por Bosque posee mayor similitud de adaptación de especies, hábitat, corrientes de agua, con el 74%, contrariamente del uso de suelo agrícola que forman comunidades menos parecidas con un valor del 26% de distancia, esto quiere decir que dichas especies se encuentran afectadas por las actividades que se realizan a los alrededores del estero, disminuyendo su población (7). En tal sentido, bajo el análisis de los resultados antes mencionados, se confirma que las actividades

agrícolas afectan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados por lo que el uso de suelo ocupado por bosque mejora y conserva la presencia de especies y en consecuencia la calidad de la fuente hídrica.

- ❖ A través de la determinación de la calidad del agua mediante la aplicación del índice biológico BMWP-Cr, con la finalidad de constatar la influencia de las actividades agrícolas sobre las poblaciones de los macroinvertebrados acuáticos, se constató el estero El Limón posee menores valores de calidad en el mes de noviembre con 96% y diciembre con 98%, manifestando que la calidad de agua para ese mes de estudio fue de “regular o contaminación moderada” a diferencia de los meses de enero y febrero que sus aguas fueron más caudalosas por lo que los contaminantes tienden a disolverse con mayor rapidez. Sin embargo, el sitio control Las Damas presentó valores altos en los meses de noviembre y febrero con el 120% demostrando que la calidad de sus aguas es “excelente”, lo que da a entender que existe variación en los puntos de monitoreo en cuanto a la calidad de sus aguas, lo que expresa que las variaciones de precipitaciones pueden ser de utilidad para la disolución de contaminantes, además de que el uso de suelo por bosque es uno de los factores más importantes ya que minimiza los efectos ocasionados por las actividades agrícolas. Para mayor certeza, sobre la calidad de agua se aplicó el índice Biológico BMWP-Cr, en donde determinó que la calidad de agua para el estero Damas es “excelente” ya que esta se encuentra dentro del rango mayor a 121, con un poco diferencia en el estero El limón ya que esta presentó aguas de calidad “buena no contaminada” su resultado de 110 el cual está dentro del rango de valores de 101-119. Por lo antes mencionado, se comprobó que las actividades agrícolas si influyen en la calidad del agua, provocando afectaciones a las comunidades de los insectos acuáticos. Estos resultados son contradictorios por (Yépez *et al.*, 2017) quien en su investigación desarrollada en el río Quevedo para la determinación de la calidad hídrica mediante el uso del índice biológico BMWP-Col, en sitios influenciados por actividades agrícolas y antropogénicas residuales, demostró en sus resultados que la calidad de agua para efluentes de actividades agrícolas es dudosa o moderadamente contaminante y para efluentes con actividades residuales es de calidad crítica muy contaminadas por lo que se concluyó que existe diferencias

significas en cuanto a la calidad del agua, lo que quiere decir que las actividades por efluentes residuales son más contaminantes que las aguas afectadas por actividades agrícolas lo cual difiere al estudio realizado (6). Por otra parte, en el estudio desarrollado por (Mayorga, 2017) respaldan esta investigación, quien expresa mediante su estudio investigativo para determinar la calidad del agua en relación a los usos de suelo realizado en los esteros El Limón, La S y El Guayabo, expresa mediante su metodología para valorar la calidad hídrica aplicó el índice biológico BMWP-Cr en los sitios de estudios, mostrando que la calidad de agua para los estero La S y el Guayabo con influencia de actividad agrícola es de regular, debido a que existen plantaciones de palma y cacao cercanas a la zona, lo cual afecta la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y la salud de los habitantes. Analizando dichos resultados, se puede deducir que las actividades agrícolas son de gran influencia para la calidad del agua por lo que afecta a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, y por ende no pueden ser usadas para consumo humano.

- ❖ En base a los datos anteriormente descritos, se desarrolló una propuesta de Plan de Manejo que busca intervenir en el cuidado, protección y conservación del ecosistema dulceacuícola El Limón, donde se crean las comunidades de macroinvertebrados y a su vez busca establecer ambientes donde se puedan desarrollar en total normalidad basados en la importancia que presentan, lo cual concuerda a lo desarrollado por (Guerrero, 2015) quien en relación al estudio desarrollado para la determinación de la influencia bananera en el estero Cuje, realizó una propuesta para la recuperación del estero, debido a que existe falta de políticas definidas de ordenamiento territorial, uso y consumo de los recursos hídricos naturales, el mismo que constó de estrategias y herramientas enfocadas al Plan de Manejo de Cuencas Hídricas integrando a los actores principales con la finalidad de minimizar la contaminación y mejorar la calidad del agua para el consumo y uso de los pobladores (30).

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- ❖ En cuanto a las hipótesis, se acepta la nula ( $H_0$ ) y se rechaza la alternativa ( $H_A$ ), ya que los resultados obtenidos determinaron que las actividades agrícolas si influyen en la calidad de agua, por lo que afecta a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados, alterando la calidad hídrica y afectando la salud humana.
- ❖ Con respecto a las características hidromorfológicas en el estero El Limón, se mostró que el mes con mayor incremento en cuanto a caudal y profundidad fue enero; sin embargo, el mes con mayor registro de velocidad de corriente fue diciembre.
- ❖ Con respecto a la determinación de los macroinvertebrados acuáticos se mostró que, con 237 individuos acuáticos encontrados, la familia *Hydropsychidae* del Orden Trichoptera fue la de mayor abundancia. Demostrando mediante los índices de diversidad, dominancia y riqueza que el estero Las Damas se manifestó como el sitio más destacable ya que tiene mayor biodiversidad y dominancia de especie acuáticas, debido a que no posee influencia agrícola en las orillas del estero. Además, el análisis de conglomerados de Clúster, permitió demostrar que la mayor similitud de familias se presentó en los sitios de monitoreo Damas A y Damas B con el 80%, lo cual manifiesta que comparten similares microhábitat y sustratos, debido a sus cursos de agua, tales como corrientes rápidas y lentas, muy contrariamente del estero El Limón ya que fue mayormente distante.
- ❖ La importante aplicación del índice biológico BMWP-CR en las zonas de estudios, mostró una pequeña variación significativa en cuanto a la valoración de la calidad del agua, demostrando que si influyen las actividades agrícolas en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.
- ❖ La implementación del Plan de Manejo Ambiental sirve para la recuperación del estero El Limón ya que mediante su aplicación se prevé resguardar, y conservar la calidad del recurso hídrico.

## 5.2. Recomendaciones

- ❖ Continuar con investigaciones científicas en los que involucren estudiantes y profesionales del área en los que demuestren continuamente las afectaciones producidas por las actividades agrícolas.
- ❖ Implementar una gestión integral que permita la conservación y protección del caudal del estero El Limón, mediante la ejecución de actividades de limpieza de la fuente hídrica, como también el monitoreo de control con periodos de valoración que ayuden controlar las variaciones del ecosistema acuático.
- ❖ Reforestar las zonas cercanas al sitio afectado con apoyo de las instituciones gubernamentales y educativas mediante el cultivo de árboles forestales y de especies nativas de la zona, que contribuyan a la remediación de los recursos naturales, mejorando la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en dicho estero.
- ❖ Capacitar a los habitantes aledaños al estero, y asociaciones de los agricultores con temas de interés para la conservación de la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del estero El Limón, Cantón Pangua.
- ❖ Implementar barreras de contención antiturbidez para los sitios de muestreo afectados por las actividades agrícolas y disminuir la contaminación hídrica presente en el estero El Limón.
- ❖ Efectuar un sistema de gestión integral de residuos sólidos para el manejo adecuado y disposición final de los mismos que son ocasionados por las actividades agrícolas logrando minimizar los impactos negativos del estero que afecta a la calidad del agua y vida.
- ❖ Emplear y verificar el cumplimiento del Plan de Manejo por parte de las autoridades competentes para la restauración del estero El Limón, y por ende la conservación de las especies acuáticas.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

1. Fernández A. El agua: un recurso esencial. *Química Viva* [Internet]. 2012;11(3):147-70. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
2. Bersosa-Vaca F, Ulloa-Vaca C. Utilización de índices evaluadores de la calidad del agua, basados en bioindicadores, en Ecuador. *Qualitas* [Internet]. 2018;15:6-22. Disponible en: [https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01\\_20171030\\_Salud-Integral\\_Bersosa\\_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA\\_OK.pdf](https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01_20171030_Salud-Integral_Bersosa_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA_OK.pdf)
3. Pillasagua J. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en usos de suelo bosque, urbano y agrícola en el río San Pablo, Cantón La Maná, Ecuador [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3077/3/T-UTEQ-0062.pdf>
4. Viteri Garcés M, Chalen Medina J, Cevallos Revelo Z. Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Dominio las Ciencias*. 2017;3(3):628-46.
5. 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. [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3174/4/T-UTEQ-0082.pdf>
6. Yépez Á, Yépez B, Urdánigo J, Morales D, Guerrero N, TayHing C. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Cienc y Tecnol* [Internet]. 2017;10(1):27-34. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6261804.pdf>
7. Barragán J. “COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD HÍDRICA EN EL RIO QUEVEDO, ECUADOR” [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3969>
8. Cepeda L. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE

- MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DE SUELO, EN EL RÍO PUEMBO GRANDE, CANTÓN PUJILÍ, ECUADOR [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3170>
9. Mayorga K. 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. [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1992/1/T-UTEQ-0021.pdf>
  10. Coral B. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS PROCESOS NATURALES Y LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PARIA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA -HUARAZ - 2013-2014. 2014;1-100. Disponible en: [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis\\_Coral\\_2014.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Coral_2014.pdf)
  11. Díaz C, Segovia J, Garduño P, Tejeda S. MEDICIÓN DE CAUDALES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO ACUÁTICO TELEOPERADO. Rev Int Contam Ambie [Internet]. 2012;28(1):73-91. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100007)
  12. Alvarado E. Manual de Medición de Caudales [Internet]. Guatemala: Instituto Privado de Investigación sobre cambio climático; 2017. 1-19 p. Disponible en: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medición-de-caudales-ICC.pdf>
  13. Gonzales A, Soto D. Manual Piragüero [Internet]. Carantóqui. Medellín; 2014. Disponible en: [https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual\\_Medicación\\_de\\_Caudal.pdf](https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medicación_de_Caudal.pdf)
  14. Béjar M. Hidrología. Editorial. Cartago; 2004. 478 p.
  15. Elozegi A, Sabater S. Conceptos y Técnicas en ecología fluvial. España; 2009.

16. Armijo J. Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del Bosque Protector Murocomba en la estación lluviosa Cantón Valencia, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
17. Hanson P, Sringer M, Ramírez A. Introducción a los grupos macroinvertebrados acuáticos. Rev Biológica Trop. 2010;
18. Ladrera R. Los microorganismos acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Dialnet. 2012;
19. Oña J. Análisis estacional de las comunidades de macroinvertebrados en un tramo del Río Potoviejo. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2007.
20. Tierno de Figueroa J, López -Rodríguez M. Orden Plecoptera. Rev IDE@. 2015;
21. Springer M. Trichoptera. Rev Biol Trop. 2010;
22. Torralba-Burrial A. Orden Odonata. Rev IDE@. 2015;
23. Guimarães J, Amorim D. Metamorfosis e Identificación. S.A.S M, editor. Puerto Tejada; 2012.
24. Goula M, Mata L. Hemiptera. Rev IDE@. 2015;
25. Vargas P, Zardoya R. El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos. Impulso Gl. 2012.
26. Contreras A. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología. ResearchGate. 2009;
27. Cruz V De, Orlando L, Pravia P, Caridad M, Julbe N, Flor A. Procedimiento Para Evaluar El Nivel De Madurez Y Eficacia Del Control Interno. Rev Científica "Visión Futur. 2017;21(2):212-30.
28. Arturo S, Greda G. Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. Bosques. 2017;3.
29. Springer M. Biomonitorio acuático. Rev Biológica Trop. 2017;
30. Guerrero N. Influencia de la actividad bananera, en la calidad del agua del estero Cauje, y propuesta de plan de manejo, en el Cantón Valencia, Provincia de los

- Ríos, 2014. Universidad de Guayaquil; 2015.
31. Yong R. Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del bosque protector Murocomba, Cantón Valencia, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
  32. Rodríguez-Tellez, Efraín Dominguez-Calleros, Pedro Pompa-García M, Quiroz-Arratia J, Pérez-Lópe El. Calidad del bosque de ribiera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. Calid del bosque ribiera del río El Tunal, Durango, México; Median la Apl del índice QBR. 2012;
  33. Guerrero N. Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca EL Sapanal, Ecuador. Rev Cuba ciencias biológicas. 2017;01.
  34. Toro A. Relación entre los usos de suelo y los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad hídrica en el río Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2018.
  35. Urdánigo J. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba, Ecuador. Rev Biológica Trop. 2019;67(7).
  36. Muñoz J. Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial, Cantón Pangua [Internet]. Pangua; 2018. Disponible en: <https://pangua.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/Plan-de-Desarrollo-y-Ordenanza-Terrotorial-2018.pdf>
  37. Instituto Geográfico Militar E. Mapa. 2014.
  38. Domínguez E, Fernández H. Macroinvertebrados sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación. Tucumán; 2009.
  39. Cabrera J. Determinación de la calidad del agua en los sitios de recreación turística Diques de MEra, Shell, y PAmbay, de la Provincia de Pastaza. Riobamba; 2019.
  40. Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008. Constitución del Ecuador. Regist Of. 2008;(20 de Octubre):173.
  41. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. 2017;84. Disponible en: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV->

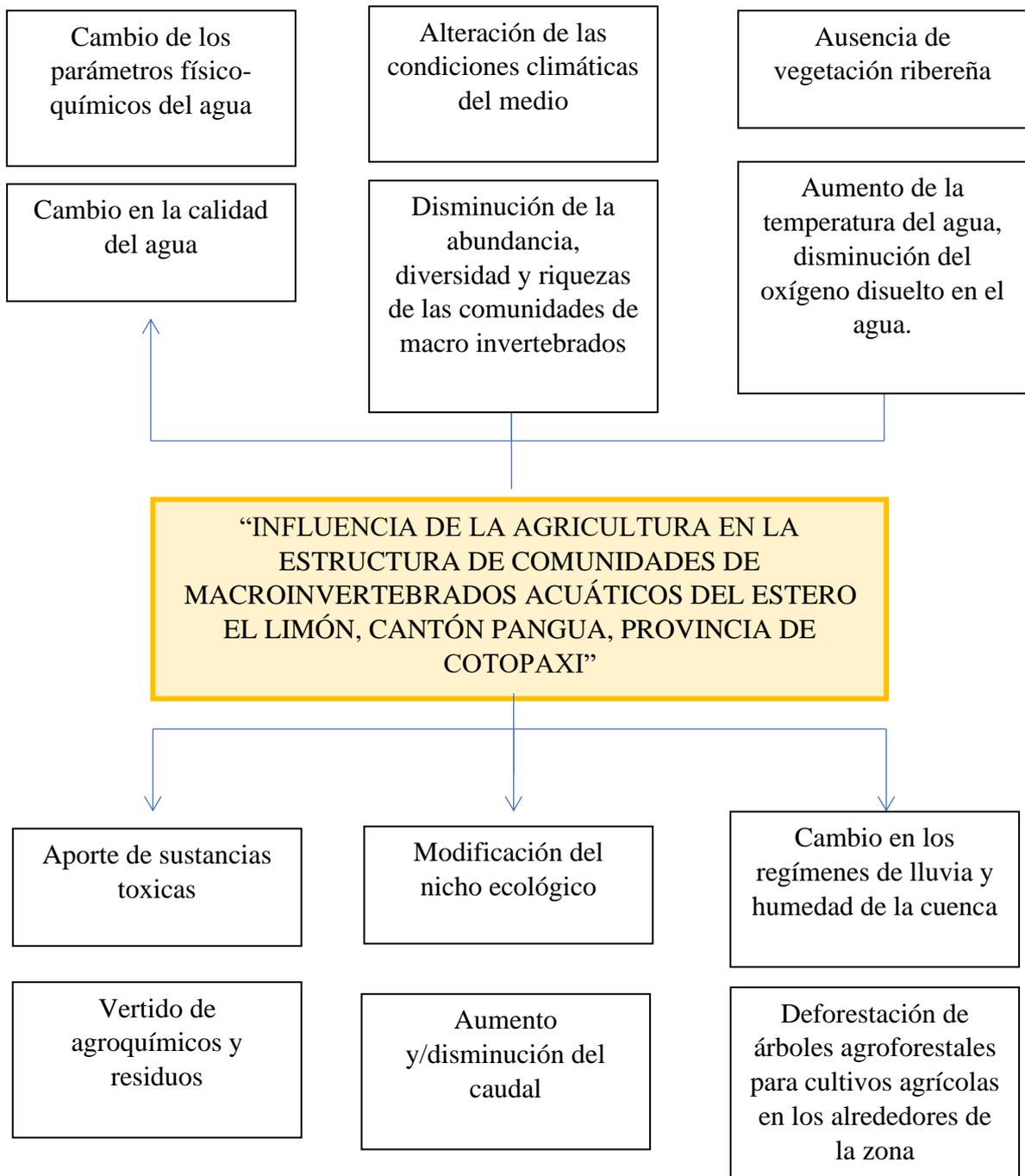
26-OCT-FINAL\_0K.compressed1.pdf

42. COA. Código Orgánico Del Ambiente. Regist Of Supl 983 [Internet]. 2017;1-92. Disponible en: [http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU\\_CODIGO\\_ORGANICO\\_ADMINISTRATIVO.pdf](http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf)
43. Del pozo H. Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Regist Of 305 [Internet]. 2014;3(2014-1178):32. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu165480.pdf>
44. Coello H, Zambrano G. Modelización de la calidad del agua del estero Aguas Claras, cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, año 2016-2017. Universidad Técnica Estatal de Quevedo

## **CAPÍTULO VII**

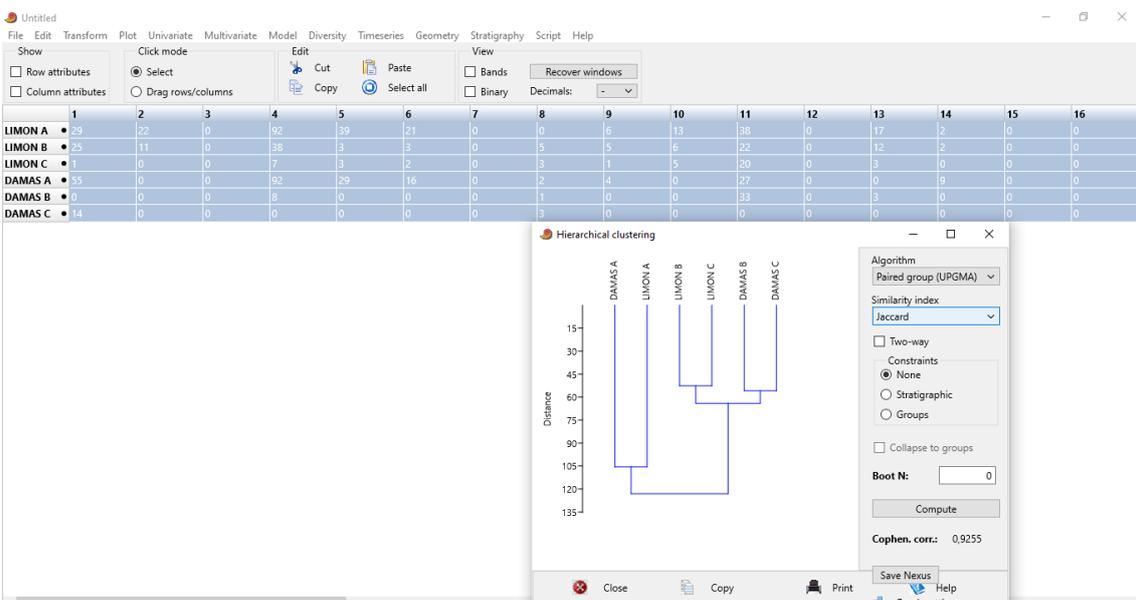
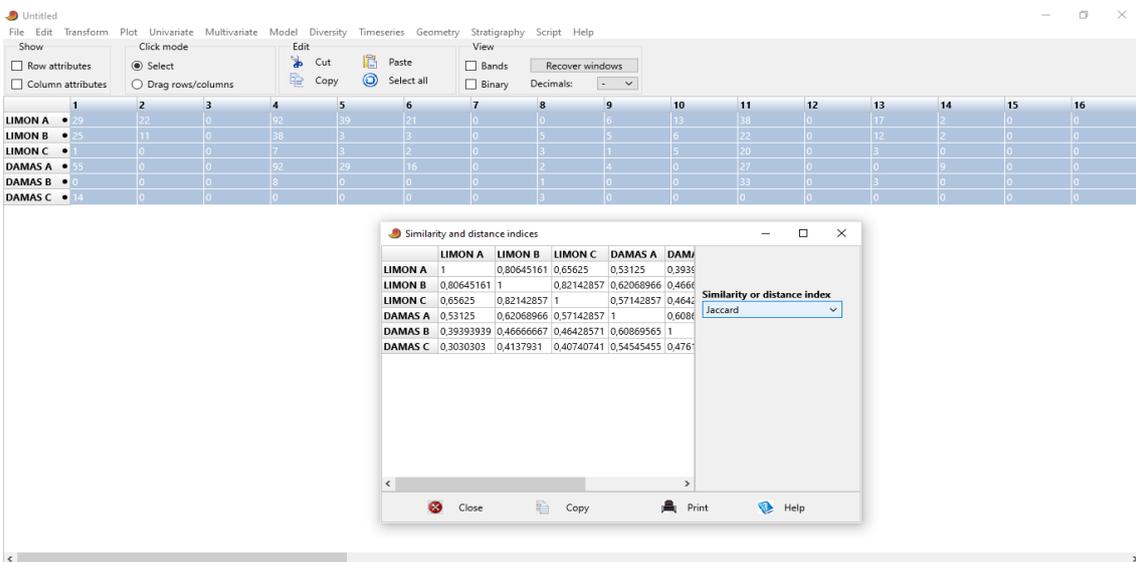
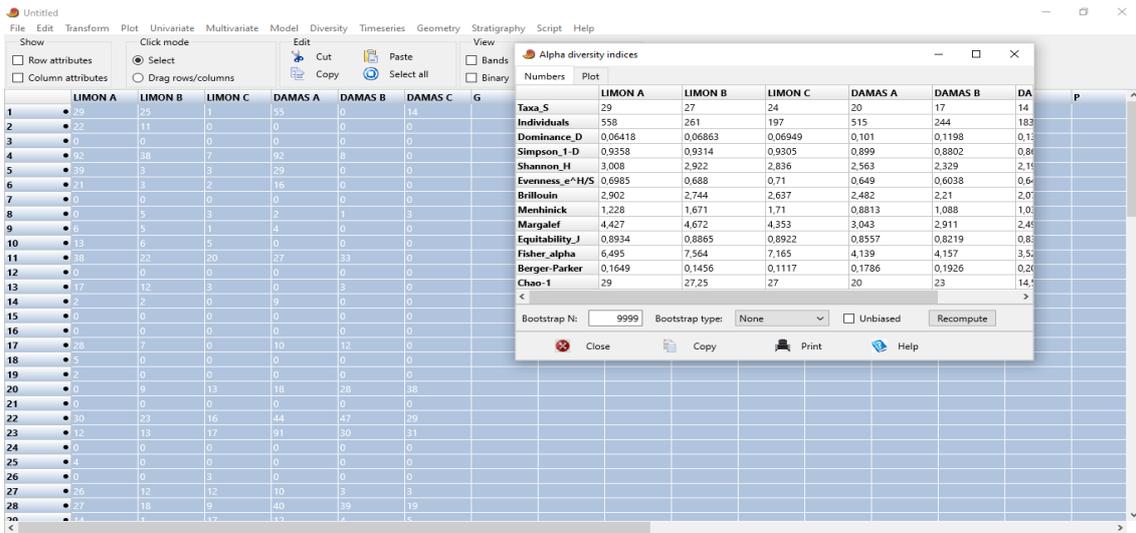
### **ANEXOS**

**Anexo 1.** Árbol de problemas del estero El Limón.



**Elaborado por:** Autora

## Anexo 2. Análisis Estadísticos de los resultados en el software PAST 4.0



Anexo 3. Aplicación del índice biológico para los esteros El Limón y Las Damas, en sus meses de estudios.

		Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos																								
CLASE	ORDENES	FAMILIAS	SITIOS DE MUESTREOS																							
			LAS DAMAS												EL LIMON											
			A				B				C				A				B				C			
			NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB	NOV	DIC	ENE	FEB
INSECTA	TRICHOPTERA	<i>Leptoceridae</i>	8	8	8	8	8	8	8	8	8				8	8	8	8					8	8		
		<i>Helicopsychidae</i>	5	5	5	5	5	5	5	5																
		<i>Calamoceratidae</i>																								
		<i>Hydropsychidae</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			5	5	5	5				5				
		<i>Hydrobiosidae</i>	9	9	9	9	9	9	9	9	9				9	9	9	9								
		<i>Glossosomatidae</i>	8	8	8	8	8			8		8			8	8	8	8								
		<i>Odontoceridae</i>																								
		<i>Polycentropodidae</i>						6	6				6		6				6					6		6
		<i>Hydroptilidae</i>	6	6	6		6			6				6	6			6								
		<i>Xiphocentronidae</i>	6	6	6	6		6			6	6														
		<i>Philopotamidae</i>	7		7	7	7	7	7	7		7	7	7			7	7	7	7	7	7				
	COLEOPTERA	<i>Ptilodactylidae</i>																								
		<i>Elmidae</i>	5	5	5	5	5	5	5	5			5							5	5					
		<i>Limnichidae</i>	5							5						5		5								
		<i>Lutrochidae</i>																								
		<i>Hydrophilidae</i>																								
		<i>Dryopidae</i>	5	5	5	5		5		5					5		5	5		5	5					
<i>Staphylinidae</i>	4			4																						



