



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

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

Título del Proyecto de Investigación:

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.

Autora:

Estefanía Lizbeth Cepeda Cajas

Docente Auspiciante:

Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc.

Quevedo-Los Ríos- Ecuador

2017-2018

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.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ESTEFANÍA LIZBETH CEPEDA CAJAS**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

F. _____

Estefanía Lizbeth Cepeda Cajas

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Ing. MSc. NORMA GUERRERO CHUÉZ**, docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Estefanía Lizbeth Cepeda Cajas**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **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**. Previo a la obtención del título de **Ingeniera en Gestión Ambiental**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. MSc. Norma Guerrero Chuéz
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

La suscrita **ING. MSC, NORMA GUERRERO CHÚEZ**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo certifica que la estudiante **CEPEDA CAJAS ESTEFANÍA LIZBETH**, realizó el proyecto de investigación con el tema de: **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.**, fue ingresado al sistema URKUND y presentó el 8% de similitud, considerando el Reglamento e Instructivos de Proyecto de Investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ing. Msc Norma Guerrero Chuez
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los usos de suelo, en el río Pumbo Grande, cantón Pujilí, Ecuador.

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Elías Cuásquer Fuel

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Mariela Díaz Ponce

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blgo. Juan Pablo Urdánigo

QUEVEDO – ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTO

- *Agradezco a Dios todo poderoso por darme vida, fuerzas y sabiduría para culminar una de mis propuestas en mi vida.*
- *A mis abuelos Alberto y Jobita y a mis padres Franklin y Elvia, quienes con su sabiduría y apoyo me han permitido cumplir esta meta.*
- *Agradezco de todo corazón a mis compañer@s de aula quienes con sus virtudes y defecto supieron brindarme su amistad incondicional son como mi segunda familia.*
- *Mi más sinceros Agradecimiento al profesional Ing. Cristian Murillo y a mis amigas M. Belén, Nadia, Fadua, Sol, Gaby, Eva, Vicky, Cindy, Aimara; por siempre brindarme su amistad sincera, por sus sonrisas, sus consejos y sobre todo su apoyo incondicional; a mis prim@s en especial a Catherine por formar parte de mi superación.*
- *A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a los maestros de la Facultad de Ciencias Ambientales en especial a la Ing. Mariela Díaz, Ing. Julio Pazmiño, Blgo. Juan Pablo Urdanigo, Dra. Yarelis Ferrer e Ing. Jorge Neira por los conocimientos, consejos y experiencias impartidas dentro y fuera del aula de clases.*
- *Mi agradecimiento infinito a mi querida y estimada directora de tesis Ing. M.Sc. Norma Guerrero; por sus conocimientos prestados y amistad brindada.*

DEDICATORIA

*A mi familia por ser mi ejemplo a seguir,
por darme amor, apoyo incondicional y
por ser mi mejor fuente de aprendizaje.*

*A mis herman@s por darme siempre
sus sonrisas, su cariño en los momentos
difíciles de mi vida y ser mi inspiración.*

Estefanía Lizbeth Cepeda Cajas

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación se desarrolló en la parroquia Tingo, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, y tuvo como finalidad la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua del río Puembo Grande. El monitoreo se desarrolló durante tres meses de enero a marzo del (2018), para ello se establecieron: tres usos de suelo; plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal. El monitoreo de los macroinvertebrados se realizó con una “Red D-net” la cual se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar; además se realizaron tres replicas por cada punto de muestreo, cada punto tendrá una distancia de 100m, con un tiempo estandarizado de colecta de 30 minutos. La preservación y etiquetado de las muestras de los macroinvertebrados acuáticos recolectados fueron colocados en frascos de vidrio, con alcohol al 70% el mismo que debe cubrir completamente toda la muestra colectada. Las muestras recolectadas fueron rotuladas con la fecha y la descripción del punto de muestreo; los especímenes fueron identificados por medio de estereoscopios y claves taxonómicas de Roldan y Domínguez y Fernández (2009), en laboratorio de microbiología de la UTEQ. Para la valoración ecológica del estado actual de los esteros se aplicó el índice BMWP-Cr; los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Jaccard y Simpson), se empleó el índice de hábitat fluvial (IHF) y el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) con objeto de evaluar tanto las características de su hábitat físico como el estado de sus riberas, además se desarrolló el análisis de correspondencia canónica donde se relacionan los parámetros físicos – químicos con la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos.

Los resultados obtenidos en la composición y diversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos, así como la calidad del agua del río Puembo Grande, mediante los tres meses de muestreo, se recolectó un total de 1404 individuos; se determinó que el uso de suelo con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron: en (plantación forestal), se encontró 519 individuos, los cuales están distribuidos en 11 órdenes, 32 familias y 43 géneros de macroinvertebrados acuáticos, además se encuentran en microhábitat de aguas con corrientes lentas y rápidas y en tipos de sustratos de hojarasca y piedras. El índice de hábitat fluvial del río presentó, un rango de calidad del agua “Moderada – Deficiente”.

Palabras claves: Calidad del agua, macroinvertebrados, índice BMWP-Cr, índice (IHF), índice (QBR).

ABSTRACT

This research was developed in Tingo, canton Pujilí, province of Cotopaxi, and had the purpose of characterizing the communities of aquatic macroinvertebrates and water quality of the Puenbo Grande river. The monitoring was developed during three months from January to March (2018), for which three land uses were established; forest plantation, agricultural crop and pasture. The monitoring of the macroinvertebrates was carried out with a "Red D-net" which is used in moderately torrentuous rivers through which one can walk; In addition, three replicas were made for each sampling point, each point will have a distance of 100m, with a standardized collection time of 30 minutes. The preservation and labeling of collected aquatic macroinvertebrate samples were placed in glass jars, with 70% alcohol, which must completely cover the entire sample collected. The samples collected were labeled with the date and description of the sampling point; the specimens were identified by means of stereoscopes and taxonomic keys of Roldan and Domínguez and Fernández (2009), in the microbiology laboratory of the UTEQ. For the ecological assessment of the current state of the estuaries, the BMWP-Cr index was applied; the ecological indexes (Shannon, Margalef, Jaccard and Simpson), the fluvial habitat index (IHF) and the quality index of the Ribera Forest (QBR) were used in order to evaluate both the characteristics of their physical habitat and the state of In addition, the analysis of canonical correspondence was developed where the physical - chemical parameters are related to the abundance of aquatic macroinvertebrates.

The results obtained in the composition and diversity of families of aquatic macroinvertebrates, as well as the water quality of the Puenbo Grande River, through the three months of sampling, a total of 1404 individuals were collected; it was determined that the use of soil with the greatest diversity of macroinvertebrates were: in (forest plantation), 519 individuals were found, which are distributed in 11 orders, 32 families and 43 genera of aquatic macroinvertebrates, in addition they are in microhabitat of waters with slow and fast currents and on types of litter substrates and stones. The fluvial habitat index of the river presented a "Moderate - Deficient" water quality range.

Key words: Water quality, macroinvertebrates, index BMWP-Cr, index (IHF), index (QBR).

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	ix
ABSTRACT	x
TABLA DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CÓDIGO DUBLIN.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.1.1. Diagnóstico	4
1.1.1.2. Pronóstico	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. General	6

1.2.2.	Específicos	6
1.3.	Justificación	7
1.4.	Hipótesis	7
CAPÍTULO II.....		8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		8
2.1.	Marco conceptual.....	9
2.1.1.	Agua	9
2.1.2.	Ecosistema acuático	9
2.1.3.	Ecosistemas lénticos.....	9
2.1.4.	Ecosistemas lóticos	10
2.1.5.	Calidad del agua	10
2.1.6.	Bosques riparios	10
2.1.7.	Biomonitoreo.....	10
2.1.8.	Macroinvertebrados acuáticos.....	11
2.1.9.	Ordenes más comunes de macroinvertebrados acuáticos.....	11
2.1.9.1.	Ephemeropteros.....	11
2.1.9.2.	Plecópteros	11
2.1.9.3.	Odonatos.....	12
2.1.9.4.	Coleópteros.....	12
2.1.9.5.	Tricópteros	12
2.1.9.6.	Dípteros	12
2.1.9.7.	Hemiptera	13
2.1.10.	Índice de diversidad.....	13
2.1.11.	Shannon-Weaver	14
2.1.12.	Dominancia de Simpson.....	14
2.1.13.	Índice de Margalef.....	15
2.1.14.	Índices Bióticos	15
2.1.15.	Índice BMWP-CR	15

2.1.16.	Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).....	16
2.1.17.	Índice de Hábitat Fluvial (IHF)	16
2.1.18.	Propiedades Físico- químicas del agua.....	17
A.	Parámetros físicos	17
1.	Color.....	17
2.	Sabor y olor.....	17
3.	Temperatura	18
4.	Sólidos.....	18
5.	Sólidos disueltos totales (SDT)	18
6.	Sólidos totales	18
B.	Parámetros químicos.....	19
1.	Potencial de hidrogeno pH.....	19
2.	Conductividad Eléctrica	19
3.	Oxígeno disuelto	19
2.2.	Marco referencial.....	20
CAPÍTULO III		24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		24
3.	Localización.....	25
3.1.	Metodología.....	25
3.1.1.	Selección del área de muestreo	25
3.2.	Tipo de Investigación.....	26
3.2.1.	Diagnóstica	26
3.2.2.	Exploratoria	27
3.2.2.1.	De campo	27
3.2.2.2.	Documental	27
3.3.	Métodos de la investigación.....	27
3.3.1.	Método de observación.....	27
3.3.2.	Método deductivo	27

3.4.	Fuentes de recopilación de información	27
3.4.1.	Primarias.....	27
3.4.2.	Secundarias.....	28
3.4.2.1.	Revisión bibliográfica.....	28
3.5.	Diseño de la investigación	28
3.6.	Composición, abundancia, diversidad y riqueza de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el río Puenbo Grande	28
3.6.1.	Diseño estadístico.....	30
3.6.2.	Calcular la calidad del hábitat fluvial y el estado de vegetación de ribera en el río Puenbo Grande, mediante la aplicación del índice del hábitat fluvial (IHF) y el Índice de calidad de bosque de ribera (QBR).....	32
3.6.3.	Determinar la relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Puenbo Grande	33
3.6.4.	Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua en el río Puenbo Grande, mediante la aplicación del Índice BMWP-CR.....	33
3.7.	Instrumentos de investigación.....	34
3.8.	Tratamiento de los datos	34
3.9.	Recursos humanos y materiales	34
CAPÍTULO IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Estructura de la comunidad de macroinvertebrados, en cuanto a la composición, abundancia, diversidad y riqueza en el río Puenbo Grande	36
4.2.	Aplicación de los índices de Diversidad en los tres usos de suelo.....	41
4.2.1.	Índice de Simpson _{1-D}	41
4.2.2.	Índice de Shannon _H	41
4.2.3.	Índice de Margalef	42
4.3.	Similitud de diversidad	42
4.4.	Distribución de macroinvertebrados acuáticos por sustrato y microhábitat del río Puenbo Grande, cantón Pujilí	45
4.5.	Calidad del hábitat fluvial en el río Puenbo Grande, mediante la aplicación del	xiv

Índice del Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)	50
4.6. Índice de Calidad del Bosque de Ribera (<i>QBR</i>)	52
4.7. Relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Puembo Grande	53
4.7.1. Análisis de Correspondencia Canónica ACC	53
4.7.2. Coordenadas ACC	55
4.8. Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua en el río Puembo Grande, mediante la aplicación del Índice BMWP-CR	56
CAPÍTULO V	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones	60
5.2. Recomendaciones	62
CAPÍTULO VI	63
BIBLIOGRAFÍA	63
6.1. Bibliografía	64
CAPÍTULO VII	69
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del recinto El Progreso.....	25
Figura 2. Mapa de puntos de monitoreo del área de estudio	26
Figura 3. Dendograma similitud y distancia del coeficiente de correlación de clúster.....	43
Figura 4. Aplicación del índice de hábitat fluvial en los tres usos de suelo	51
Figura 5. Aplicación del índice de calidad de bosque de ribera (QBR)	52
Figura 6. Coordenadas ACC.....	55
Figura 7. Aplicación del Índice biológico BMWP-Cr por mes de monitoreo del río Puenbo Grande en los tres usos de suelo: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal, en el cantón Pujilí.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de muestreo y características del sitio de estudio en el río Puenbo Grande, Cotopaxi, Ecuador.	28
Tabla 2. Identificación de los índices de biodiversidad, dominancia y equitatividad.	31
Tabla 3. Índice de calidad QBR	32
Tabla 4. Rangos de calidad según el índice de hábitat Fluvial (IHF)	32
Tabla 5. Puntaje según el índice BMWP-CR de calidad de agua para los cuerpos de agua superficiales de Costa Rica.....	33
Tabla 6. Lista de materiales	34
Tabla 7. Presencia y ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo en el río Puenbo Grande	38
Tabla 8. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo en el río Puenbo Grande	39
Tabla 9. Índices de diversidad	41
Tabla 10. Matriz de correlación de similitud y distancia entre índices de diversidad según los tres usos de suelo.....	42
Tabla 11. Distribución de macroinvertebrados acuáticos del uso de suelo (plantación forestal).....	45
Tabla 12. Distribución de macroinvertebrados acuáticos del uso de suelo (CULTIVO AGRÍCOLA)	47

Tabla 13. Distribución de macroinvertebrados acuáticos por sustrato y microhábitat del uso de suelo (PASTIZAL)	49
Tabla 14. Relación de parámetros físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección e identificación de los macroinvertebrados en el río Puenbo Grande.	70
Anexo 2. Macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Puenbo Grande.....	71
Anexo 3. Fotografías de los puntos de muestreo según sus usos de suelo en el río Puenbo Grande	73
Anexo 4. Valoración de las familias de macroinvertebrados acuáticos para evaluar el índice BMWP- Cr.....	75
Anexo 5. Datos de abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en relación con los parámetros físicos – químicos (los N° son géneros).	76

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los usos de suelo, en el río Puenbo Grande cantón Pujilí - Ecuador.				
Autora:	<u>Cepeda Cajas Estefanía Lizbeth</u>				
Palabras clave:	Calidad de agua	Macroinvertebrados	Índice BMWP-Cr	Índice (IHF)	Índice (QBR)
Fecha de publicación:	16 de marzo del 2018				
Editorial:	Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2018.				
Resumen:	<p>Resumen: Esta investigación se desarrolló en la parroquia Tingo, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, y tuvo como finalidad la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua del río Puenbo Grande. El monitoreo se desarrolló durante tres meses de enero a marzo del (2018), para ello se establecieron: tres usos de suelo; plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal. El monitoreo de los macroinvertebrados se realizó con una “Red D-net” la cual se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar; además se realizaron tres replicas por cada punto de muestreo, cada punto tendrá una distancia de 100m, con un tiempo estandarizado de colecta de 30 minutos. La preservación y etiquetado de las muestras de los macroinvertebrados acuáticos recolectados fueron colocados en frascos de vidrio, con alcohol al 70% el mismo que debe cubrir completamente toda la muestra colectada. Las muestras recolectadas fueron rotuladas con la fecha y la descripción del punto de muestreo; los especímenes fueron identificados por medio de estereoscopios y claves taxonómicas de Roldan y Domínguez y Fernández (2009), en laboratorio de microbiología de la UTEQ. Para la valoración ecológica del estado actual de los esteros se aplicó el índice BMWP-Cr; los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Jaccard y Simpson), se empleó el índice de hábitat</p>				

fluvial (IHF) y el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) con objeto de evaluar tanto las características de su hábitat físico como el estado de sus riberas, además se desarrolló el análisis de correspondencia canónica donde se relacionan los parámetros físicos – químicos con la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos.

ABSTRACT: This research was developed in Tingo, canton Pujilí, province of Cotopaxi, and had the purpose of characterizing the communities of aquatic macroinvertebrates and water quality of the Puembo Grande river. The monitoring was developed during three months from January to March (2018), for which three land uses were established; forest plantation, agricultural crop and pasture. The monitoring of the macroinvertebrates was carried out with a "Red D-net" which is used in moderately torrentuous rivers through which one can walk; In addition, three replicas were made for each sampling point, each point will have a distance of 100m, with a standardized collection time of 30 minutes. The preservation and labeling of collected aquatic macroinvertebrate samples were placed in glass jars, with 70% alcohol, which must completely cover the entire sample collected. The samples collected were labeled with the date and description of the sampling point; the specimens were identified by means of stereoscopes and taxonomic keys of Roldan and Domínguez and Fernández (2009), in the microbiology laboratory of the UTEQ. For the ecological assessment of the current state of the estuaries, the BMWP-Cr index was applied; the ecological indexes (Shannon, Margalef, Jaccard and Simpson), the fluvial habitat index (IHF) and the quality index of the Ribera Forest (QBR) were used in order to evaluate both the characteristics of their physical habitat and the state of In addition, the analysis of canonical correspondence was developed where the physical - chemical parameters are related to the abundance of aquatic macroinvertebrates.

Descripción:

97 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162

URI:

(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)

INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial, existe un creciente interés en preservar los ecosistemas fluviales. Pese a ello, en Latino América se presenta una constante degradación de estos ecosistemas por el aumento de la explotación del recurso y la contaminación de las aguas. Particularmente importantes son los ecosistemas fluviales alto andinos ya que proporcionan el suministro de agua a centros urbanos y rurales y la generación de energía eléctrica, entre otros beneficios directos (1).

Los ríos representan un componente esencial del patrimonio natural y cultural; sin embargo, han sufrido un importante deterioro ecológico desde mediados del siglo pasado, debido fundamentalmente a la regulación de los caudales, los encauzamientos, la ocupación de las riberas, la agricultura, la industria y la urbanización. Como resultado de este deterioro, el 80 por ciento de la población mundial se encuentra actualmente afectada por la degradación de los ríos (2).

El conocimiento sobre los efectos del uso de suelo y la cobertura vegetal natural en los ríos se ha desarrollado principalmente en las zonas templadas, mientras que en las zonas tropicales hay menos información. En el Ecuador la investigación sobre ríos alto andinos ha generado avances importantes sobre el conocimiento de ecosistemas fluviales, sin embargo la mayor parte de investigaciones se han centrado en localidades o grupos taxonómicos puntuales; Hay que entender las relaciones entre ecosistemas terrestres y los ecosistemas fluviales, y sus posibles implicaciones en términos de manejo y conservación (3).

El uso correcto del suelo es un factor determinante para mantener la sostenibilidad de los sistemas productivos establecidos en las áreas rurales del país. Sin embargo, debido a la presión que existe sobre el recurso para fines agrícolas, la expansión e intensificación de la frontera agrícola ha causado crecientes procesos de deforestación a nivel nacional. Esto implica transformaciones del territorio, por la pérdida y reemplazo de la vegetación natural, alterando el equilibrio del ciclo hidrológico, lo que puede conllevar a inundaciones, aumento de los niveles de contaminación, modificación en los patrones de flujo y destrucción o degradación del ecosistema. Dichas actividades son cuantificadas en términos de pérdidas y translocaciones de nutrientes hacia los cuerpos de agua, que contribuyen en gran medida a la degradación progresiva la calidad del agua (4).

Los macroinvertebrados acuáticos son ampliamente usados para evaluar la calidad ecológica de los ríos. Por tanto, la relación existente entre las comunidades de macroinvertebrados y el ambiente fluvial es muy estrecha, siendo importante saber cómo estas comunidades varían cuando las condiciones ambientales cambian. En la actualidad, el disturbio antropogénico del hábitat continua incrementando a nivel mundial, lo cual ha provocado que los científicos que estudian el ambiente acuático se enfoquen en el desafío para determinar cómo las actividades humanas influyen la estructura, función de los ecosistemas acuáticos y su potencial para la restauración de aguas impactadas (5).

Estos organismos son un componente importante de la diversidad de la corriente, porque sus miembros son un vínculo integral entre los diferentes tipos de hábitats de las corrientes. Estos pueden proporcionar una herramienta útil para medir la calidad del hábitat y cualquier alteración ambiental. Se consideran como uno de los factores más importantes del ecosistema acuático en la determinación de la biodiversidad acuática (6).

Varios estudios han descrito extensamente la importancia del tipo de sustrato para la construcción de comunidades de macroinvertebrados en corrientes y la conexión distintiva de los recursos tróficos y refugio contra la depredación o alteración del flujo. La escala geográfica habitual de hábitats de arroyos, microhábitats, cursos de agua y sus tramos tributarios incorporan su divergencia a nivel de condición biótica y abiótica (6).

Las comunidades acuáticas actúan como testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales. Específicamente, los macroinvertebrados fueron propuestos desde hace varias décadas como indicadores de la calidad del agua. Estos organismos responden a las condiciones ambientales del ecosistema ya que la mayoría de ellos se desarrollan total o parcialmente en el agua y su presencia y abundancia son el resultado de las relaciones con las variables físicas y químicas del agua. Además, al comparar los resultados entre un índice biótico y uno fisicoquímico, se ha encontrado que los índices bióticos son más adecuados para evaluar las diferentes características ambientales de las aguas (7).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El cauce del río Puenbo Grande de la parroquia Tingo – La Esperanza, Ecuador, presenta una gran pérdida de cobertura vegetal por la ganadería, agricultura y asentamientos poblaciones. Estas actividades ocasionan alteración a los parámetros físicos- químicos y microbiológicos del agua.

El río Puenbo Grande muestra un notable deterioro en la calidad de agua, por las actividades antropogénicas que se desarrollan en la zona. La pesca y la recreación actividades cotidianas de los habitantes de las riveras prácticamente han desaparecido, y el deterioro de estos cursos de agua es evidente. La deforestación y la degradación del suelo son un problema que enfrenta la zona del río Puenbo Grande cuyas consecuencias producen erosión, sedimentación, disminución del volumen del cauce del río y pérdida de fertilidad de los suelos, todo esto sumado al uso excesivo de pesticidas y fertilizantes que causan daño a todo organismo vivo.

1.1.1.1. Diagnóstico

La contaminación del agua y la pérdida de las zonas de amortiguamiento de los ríos es un problema para la salud de todos los seres vivos, por lo que se realizó monitoreos de especímenes de macroinvertebrados acuáticos y la toma de muestras de agua para determinar los parámetros físico-químicos básicos en el río Puenbo Grande.

1.1.1.2. Pronóstico

El mal uso de los recursos naturales dado por las actividades antropogénicas afecta a las zonas ribereñas del río Puenbo Grande, además los efectos directos e indirectos en los aspectos ambientales, produce la degradación de la calidad del agua y por ende la diversidad de organismos del ecosistema acuático, modificando su composición y estructura, esto ha provocado la pérdida de familias de macroinvertebrados acuáticos existentes en el río Puenbo Grande.

1.1.2. Formulación del problema

¿El río Puenbo Grande se ve afectado por las diferentes actividades tanto naturales como antropogénicas, ocasionando deterioro en la calidad del agua y de los ecosistemas ribereños del río Puenbo Grande, del cantón Pujilí, Ecuador?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cómo se relaciona la estructura de los macroinvertebrados con los índices biológicos?

¿Cuáles son las causas y efectos que ocasionan la pérdida de la cobertura vegetal ribereña y el deterioro de la calidad hídrica del río Puenbo Grande?

¿Cómo influyen los usos de suelo en la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Puenbo Grande?

¿Cuál es la relación entre variables físico química y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el río Puenbo Grande?

1.2. Objetivos

1.2.1. General:

Determinar la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los usos de suelo en el río Puembo Grande del cantón Pujilí.

1.2.2. Específicos:

- Determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, en cuanto a la composición, abundancia, diversidad y riqueza en el río Puembo Grande.
- Calcular la calidad del hábitat fluvial en el río Puembo Grande, mediante la aplicación del índice del hábitat fluvial (IHF) y el Índice de calidad de bosque de ribera (QBR).
- Establecer la relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Puembo Grande.
- Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua en el río Puembo Grande, mediante la aplicación del Índice BMWP-CR.

1.3. Justificación

Las aguas superficiales son fuente de abastecimiento para usos domésticos y recreativos siendo estos unos de los más importantes para la población, sin embargo, en la actualidad la calidad del agua se ve afectada debido al crecimiento demográfico, expansión urbana e industrial. El río Puenbo Grande existe la infraestructura de captación del agua la que conduce por medio de tuberías a la planta de tratamiento del cantón La Maná, pero se cuenta con escasa información de la calidad de agua para el consumo humano. Por lo que es necesario realizar estudios de la calidad del agua del río mencionado, utilizando como indicadores los macroinvertebrados acuáticos en los distintos usos de suelo, lo cual nos va a permitir conocer la calidad del agua. La relación de los macroinvertebrados acuáticos con la calidad del agua es un método muy confiable y utilizado en varios estudios de calidad del agua para consumo humano.

La importancia de esta investigación tiene relación con la conservación de los ecosistemas acuáticos y sus zonas ribereñas, el río Puenbo Grande servirá como base para futuros estudios relacionados con calidad de agua. Además, los resultados obtenidos en este estudio servirán como beneficio social a los dirigentes del sector permitiendo conocer la calidad del agua, y así ellos tomen acciones correspondientes sobre el adecuado manejo del recurso suelo e inclusive hacer uso del recurso agua de la mejor manera, teniendo en cuenta la conservación de los mismos.

1.4. Hipótesis

Las continuas actividades antropogénicas que se realizan en las riberas del río Puenbo Grande afectan negativamente la calidad del agua.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Agua

El agua es una de las sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra, es parte integrante de la mayoría de los seres vivos tanto animales como vegetales, y está presente en cantidad de minerales. El agua potable es fundamental para la vida; las civilizaciones han florecido cerca de abastecimientos adecuados de ese líquido. Las civilizaciones modernas han desarrollado técnicas para transportar el agua a grandes distancias y lograr administrarla de tal manera que se pueda usar y reutilizar en forma adecuada (8).

2.1.2. Ecosistema acuático

Los ecosistemas acuáticos han estado influenciados por dos grandes grupos de factores: bióticos y abióticos. Los primeros se refieren a todas las interacciones entre los diferentes organismos del ecosistema, entradas, flujos de energía y zonas de ribera, mientras que los factores abióticos hacen referencia a variables climáticas, físico-químicas y biogeográficas que influyen en el medio en el cual se desenvuelven los organismos acuáticos (9). Así mismo, es posible distinguir dos tipos de estos ecosistemas: marino, si se manifiestan en aguas oceánicas, y dulceacuícolas si se dan en aguas continentales como ríos, lagos, esteros (10).

2.1.3. Ecosistemas lénticos

Los ecosistemas lénticos, (del latín *lentus*, que significa lento), son aquellos donde el agua interior se encuentra estancada o que no representan corrientes continuas. En ellos los ejes de variación o gradientes ecológicos más importantes se relacionan con la estructura vertical llamada columna de agua y con la diferenciación entre la zona litoral y la de aguas abiertas o limnéticas. Los organismos que allí habitan se conocen como reofílicos.

Los ambientes lénticos poseen en general menos diversidad de microhábitats que los ambientes lóticos. La orilla de una laguna, la zona litoral, tiene aguas someras con plantas creciendo en el fondo y a menudo ésta es la única zona que existe en un pantano. Por lo general, la zona litoral contiene el mayor número de especies de macroinvertebrados en los ambientes lénticos. En el área de aguas abiertas podemos distinguir entre las aguas superficiales, donde penetra la luz (zona limnética) (9), y las aguas profundas, donde no penetra la luz (zona profunda) (11).

21.4 Ecosistemas lóticos

Los ecosistemas lóticos se construyen a partir de procesos geotérmicos como lo es la erosión y otros factores como el transporte de sedimentos y sustratos todo de forma simultánea, todos sus procesos están regulados por el componente agua, formando un fenómeno que se suscita por la combinación de la magnitud del flujo con la pendiente. Este ecosistema se caracteriza por corrientes rápidas de los ríos, quebradas o arroyos, que desempeñan un papel fundamental en la distribución de macroinvertebrados ya que estos organismos se adaptan a estas condiciones (12).

21.5 Calidad del agua

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (13).

21.6 Bosques riparios

Son ecosistemas dependientes de cursos o cuerpos de agua con una matriz variable de vegetación, inmersos en cuencas hidrográficas. Estas zonas cumplen funciones esenciales para la preservación de ecosistemas y sus relaciones territoriales, influyendo en el paisaje en términos de riqueza y belleza natural, a la vez que suministran bienes y servicios para la biota (14).

Los bosques de ribera que se desarrollan a la orilla de ríos, arroyos y barrancos se consideran como vegetación azonal, ya que en su distribución no ha influido el clima dominante sino otro factor muy determinado como es la elevada presencia y retención de agua en el suelo (15).

21.7 Biomonitorio

Es un conjunto de técnicas basadas en la reacción y sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en el ambiente. En otras palabras, es la evaluación de los efectos deletéreos de una sustancia tóxica sobre ciertos organismos. Así, la toxicidad de un compuesto se mide a través de diferentes parámetros biológicos, como las alteraciones en el desarrollo y en funciones vitales, entre otros parámetros (16).

21.8 Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden ver a simple vista, que miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas (9).

Estos organismos proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación (17).

21.9 Ordenes más comunes de macroinvertebrados acuáticos

Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: ephemeropteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros (18).

2.1.9.1. Ephemeropteros

Las larvas de este orden son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta 2 años, mientras que la vida del adulto es muy efímera, de donde se deriva su nombre, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos (2). Su respiración se realiza por branquias abdominales relativamente bien desarrolladas y en su mayor parte son detritívoros (se alimentan de materia orgánica muerta) y herbívoros. A pesar de que presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, un gran número de familias de este orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema y poseen generalmente gran sensibilidad a condiciones ácidas (18).

2.1.9.2. Plecópteros

Son un orden de insectos neópteros y exopterigotas, con ninfas acuáticas y adultos terrestres (salvo contadas excepciones en la fauna de otros continentes). Constituyen un grupo muy importante, tanto numéricamente como por las funciones ecológicas que desempeñan, en las aguas continentales, especialmente en los medios fluviales. Los plecópteros se identifican por una combinación de caracteres ancestrales, ya que presentan pocos caracteres derivados (de tipo anatómico) que definan al grupo (19).

2.1.9.3. Odonatos

Es un orden relativamente pequeño de insectos que reúne mundialmente a unas 5700 especies, aproximadamente un tercio de las cuales se hallan en la región Neotropical. El nombre del orden (del griego, odon = diente) alude al gran desarrollo de las mandíbulas, tanto en las larvas acuáticas como en los adultos aéreos. Conocidos vulgarmente como “libélulas”, “alguaciles”, “caballitos del diablo” o “helicópteros” (20).

2.1.9.4. Coleópteros

Es un grupo megadiverso en la zona Neotropical, con representantes acuáticos o semiacuáticos en la vegetación litoral. Los primeros trabajos fueron hechos por Wooldrige (1973, 1976), con énfasis en la descripción de nuevas especies y registros de los géneros en el norte del país, cuenca del Río Cauca y Magdalena y el Urabá antioqueño. Las familias de mayor abundancia y riqueza son Elmidae, Ptilodactylidae y Psephenidae y, en general, están asociadas a aguas de buena calidad ambiental (21).

2.1.9.5. Tricópteros

Son insectos holometábolos que están relacionados con los lepidópteros y los adultos asemejan pequeñas polillas. Sin embargo, sus piezas bucales no forman una proboscis, aunque poseen palpos bien desarrollados. Sus alas están cubiertas de pelos en lugar de escamas (aunque hay excepciones), característica que le da el nombre al orden (trichos: pelos; ptera: alas). Muchas especies de tricópteros poseen antenas sumamente largas y en reposo las alas se mantienen a menudo dobladas en forma de techo encima del cuerpo. El tamaño de los adultos varía entre 2 a 30mm, y la mayoría son de colores oscuros (café-negros), aunque las especies de algunos géneros poseen colores claros (blanco, amarillo o verde). También hay especies de varias familias (p.ej. Leptoceridae, Calamoceratidae, Hydropsychidae), que presentan coloraciones un poco más llamativas, con distintos patrones de manchas en sus alas (22).

2.1.9.6. Dípteros

Orden de insectos caracterizados por tener el segundo par de alas modificado en unas estructuras claviformes, llamadas halterios, utilizadas para mantener el equilibrio en vuelo. Presentan, así, sólo dos alas membranosas (el par anterior), hecho que da nombre al orden.

Poseen una cabeza relativamente grande en proporción al cuerpo, gran parte de la cual está ocupada por los ojos (compuestos). Las piezas bucales están preparadas para absorber líquido, con una amplia gama de modificaciones, adaptadas para picar, chupar o lamer (23).

2.1.9.7. Hemíptera

Las Hemípteras constituyen el mayor orden de insectos con metamorfosis incompleta; popularmente se les conocen como chinches, barberos, chicharras, chicharritas, cochinillas, pulgones, mosquitas blancas, etc. Se han descrito cerca de 82.000 especies en ese orden, que corresponden del 8 al 10 % del total de los insectos conocidos. Los hemípteros se reconocen por las piezas bucales en forma de proboscis (“pico”), siendo la gran mayoría de las especies acuáticas depredadores y muchas de ellas capaces de picar muy doloroso (24).

2.1.10. Índice de diversidad

La diversidad es una variable nominal, las categorías son las especies y por lo tanto el único valor de tendencia central que puede obtenerse es la moda (categoría con mayor frecuencia, en este caso la especie más abundante), siendo imposible calcular un promedio o una mediana (25).

Los índices de diversidad son expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equitatividad (uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies) y abundancia (número total de organismos presentes) para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente. Una comunidad natural se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o un bajo número de especies y muchos individuos de éstas.

Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número de especies con un gran número de individuos por especie. Esta situación también se observa en la naturaleza en lugares como en las grandes profundidades de los lagos y el mar, grandes alturas en las montañas y en temperaturas extremas. Con base en lo anterior, la diversidad de la comunidad se considera una medida de la calidad del agua (10).

21.11. Shannon-Weaver

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (26).

21.12. Dominancia de Simpson

Los índices de dominancia se basan en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toman en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad, para lo cual el índice más común para utilizar es el índice de Simpson. El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por ello el Índice de Simpson se presenta habitualmente como una medida de la dominancia, como se acaba de indicar. Por tanto, el índice de Simpson sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies. Entonces entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye. Este índice de Simpson de dominancia $D = \frac{1}{\sum p_i^2}$ estima si en un área determinado hay especies muy dominantes al sumar términos al cuadrado le da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo que toma el índice, si la dominancia es alta la diversidad será baja como ya fue mencionado.

El índice de Simpson precisa el valor de p_i , Siendo $p_i = \frac{n_i}{N}$, donde n_i es el número de individuos de la especie „i“ y N es la abundancia total de las especies. Con otras palabras, p_i es la abundancia proporcional de la especie „i“: Si bien este índice depende de la cantidad de categorías que es posible reconocer, da También una idea de homogeneidad general partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa. Tomando en cuenta que el valor mínimo para este índice es 1 que indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta (27).

2.1.13. Índice de Margalef

El índice de Margalef fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión. Donde Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad. Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra; es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una Comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra (27).

2.1.14. Índices Bióticos

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

Un índice que ha sido adaptado en los últimos años en varios países de latinoamérica es el “BMWP” (“Biological Monitoring Working Party”), este índice se basa únicamente en la presencia de familias y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia, por lo que es de fácil aplicación (28).

2.1.15. Índice BMWP-CR

Es un índice modificado para Costa Rica que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas, según su grado de sensibilidad a la contaminación. El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brinda el valor final del índice (16).

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

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

- 1) el grado de cubierta vegetal de las riberas
- 2) la estructura vertical de la vegetación
- 3) la calidad y la diversidad de la cubierta vegetal
- 4) el grado de naturalidad del canal fluvial.

Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice, que expresa el nivel de calidad de la zona de estudio. En la puntuación del QBR suman todos los elementos que aportan cierta calidad al ecosistema de ribera, y resta todo aquello que supone un distanciamiento respecto a las condiciones naturales. El QBR es pues una medida de las diferencias existentes entre el estado real de las riberas y su estado potencial, de modo que el nivel de calidad es máximo sólo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones (29).

2.1.17. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Este índice consta de siete bloques o apartados en los que se valora de manera independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial, entre ellos aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente. Entre ellos, la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión y sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos.

También se evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad, que contribuyen a incrementar la diversidad de hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono (hojas, madera) y de origen autóctono, como la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios. La puntuación final del índice es el resultado de la suma de la puntuación obtenida en cada uno de los bloques y nunca puede ser mayor que 100 (30).

21.18. Propiedades Físico- químicas del agua

Los métodos fisicoquímicos ayudan a conocer con precisión el tipo de contaminante vertido en detalle.) Las principales desventajas de determinar la calidad de agua mediante el uso de métodos fisicoquímicos radica en parte en el costo elevado, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria (9). Los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura (31).

A. Parámetros físicos

1. Color

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas (32).

2. Sabor y olor

El olor del agua se debe principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores indican un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener su origen en la contaminación industrial.

El sabor puede estar relacionada con algunas sustancias, como son las sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano (33).

3. Temperatura

Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (34).

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados, aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos (35)(33).

4. Sólidos

De forma genérica se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión. En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles. La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química (32).

5. Sólidos disueltos totales (SDT)

(SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (36). Están relacionados con la conductividad eléctrica de forma directa y se mide en ppm (mg/dm^3). SDT es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable (37).

6. Sólidos totales

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105 °C (38).

B. Parámetros químicos

1. Potencial de hidrogeno pH

El pH es una medida de concentración de iones de hidrógeno, y se define como $\text{pH} = \log(1/(\text{H}^+))$. Es una medida de la naturaleza o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

El potencial hidrogeno o pH, es un parámetro de suma importancia tanto para aguas naturales como aguas residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas (39).

2. Conductividad Eléctrica

Es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones -su concentración total, movilidad y valencia- y la temperatura de las medidas. Las soluciones de los compuestos orgánicos por lo general son buenos conductores y las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas poco o nada contribuyen con flujo de corriente, la unidad de medida es microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (40).

3. Oxígeno disuelto

Es un parámetro monitoreado in situ más comúnmente para aguas superficiales (ríos, arroyos, lagos, embalses, humedales, océanos, etc.). La concentración de OD en miligramos por litro (mg / L) es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. El DO en el agua tiene un impacto importante en los animales acuáticos y las plantas. La mayoría de los animales acuáticos, como los peces, requieren oxígeno en el agua para sobrevivir. Las dos fuentes principales de oxígeno en el agua provienen de la difusión de la atmósfera a través de la superficie del agua y la producción de oxígeno fotosintético de plantas acuáticas como algas y macrofitas (41).

2.2. Marco referencial

- Yong (9), realizó un estudio en el Bosque protector Murocomba del cantón Valencia-Ecuador, se evaluó la influencia de tres tipos de quebradas con diferentes coberturas vegetales: El Congo (intervenido), La Damita (plantaciones) y La Victoria (bosque natural), sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua, utilizó el índice QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera), el cual permitió identificar el estado ecológico en las riberas sobre las fuentes hídricas estudiadas, los resultados mostraron que la quebrada El Congo (Intervenido) presentó una “*Alteración fuerte*”, debido a la intervención antropogénica y la agricultura. Por otra parte, la quebrada La Victoria (Bosque Natural) no presentó alteraciones *Bosque de Rivera sin Alteración*” debido posiblemente a que dentro de la zona existe un grado de cobertura vegetal muy alto y autóctono, mientras que la quebrada la Damita (Plantaciones) registró de acuerdo al índice “*Inicio de alteración importante*”.
- Guerrero (42), en su investigación realizada en la microcuenca “El Sapanal”, en el cantón Pangua-Ecuador, se caracterizó el sitio de estudio según el uso de suelo (pastizal, bosque secundario y cultivos agrícolas). Se aplicó el índice BMWP-Cr, para determinar la calidad del agua influenciada por tres usos de suelo; se obtuvo como resultados que el uso del suelo por bosque secundario posee aguas de calidad “*excelente*”, mientras que el uso de suelo por actividades agrícola y pastizal presentaron aguas de calidad “*regular*”, eutrofizadas y contaminación moderada; Esto demuestra que la reducción de la franja ribereña contribuye a la degradación del hábitat interior y de la calidad del agua de la microcuenca. Además se aplicaron índices de diversidad para verificar la calidad del agua según los tres usos del suelo a estudiar en la microcuenca.
- Palma (43), en su estudio realizado en tres ríos: Yanayacu, Churuyacu y Guasaganda Grande, de la parroquia Guasaganda provincia de Cotopaxi la toma de muestras de agua para determinar los parámetros físico-químicos básicos, fueron medidos *in situ*, el biomonitoreo se realizó en la época seca (julio a septiembre) del año 2016. Se determinó el índice biótico EPT en los tres ríos, se encontraron intervalos de calidad de agua Buena, El índice de BMWP-col determinó la calidad de las aguas están en

criterios “Regular” y “Buena”, El Índice IBF-SV, en los tres ríos estudiados se encontró una calificación “regular-Pobre”. Además en la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos se encontraron agrupaciones abundantes, en la clasificación trófica son los “Depredadores” que están distribuidos en, 5 órdenes y 13 familias de la muestra total, seguido de los “Colectores” que presentaron 4 órdenes y 6 familias (43).

- Murillo (36), realizó un estudio sobre caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en los ríos: Congo, La Victoria y Toachi Chico del bosque protector Murocomba en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. Además determino los parámetros fisicoquímicos básicos: oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, potencial de hidrogeno, fueron medidos in situ; mediante la aplicación del análisis multivariante de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de los tres sitios en estudio se obtuvo como resultado que: la conductividad eléctrica en El Rio La Victoria y Toachi Chico son los más discriminantes y tiene una diferencia de coeficiente de correlación de, 94,5%, seguido del oxígeno disuelto en el río Toachi Chico con una distancia de coeficiente de correlación de 70,9% estas tres variables se constituyen en las importantes en el estudio realizado en esta época del año (36).
- De acuerdo Fernández, Rau & Arriagada (44), en su estudio realizado en Chile, e evaluó la calidad de la vegetación ribereña del Río Maullín utilizando el índice ecológico QBR, el trabajo de campo fue realizado durante el año 2008, muestreándose un total de 24 estaciones. Previo a la aplicación del índice se diferenció y delimitó visualmente la orilla y la ribera en cada estación. Considerando el total de las estaciones el 16,7 % muestra una degradación extrema y una calidad pésima (QBR < 25). El 20,8 % muestra alteración fuerte de la ribera y una calidad mala (QBR= 30-50). Un 29,2 % muestra inicio de alteraciones importantes en el área ribereña, con una calidad de tipo intermedia (QBR= 55-70). Otro 25,0 % de las estaciones se encuentra con perturbaciones ligeras y buena calidad (QBR= 75-90) (44).

- Mayorga (12), realizó una investigación en los esteros El Limón, La S y El Guayabo del cantón El Empalme. Para la valoración ecológica del estado actual de los esteros se aplicó el índice BMWP-Cr; los índices ecológicos (Shannon, Margalef, Jaccard y Simpson); y para la evaluación de la zona vegetal el índice (QBR). Según los resultados, el índice biológico indica que el estero “El Limón” presenta agua de “buena calidad”, mientras que los esteros “La S” y “El Guayabo” se encuentran contaminados. Los índices ecológicos reflejan que el estero “La S” y “El Guayabo” presentan diferencias significativas en cuanto a diversidad, riqueza y abundancia de macroinvertebrados con relación al punto de control “El Limón”. Con respecto al índice de bosque de ribera: la zona ribereña del “El Limón” se encuentra sin alteración de su estado natural, sin embargo, en los esteros intervenidos muestra disminución en la cobertura vegetal debido a la deforestación, todo esto gracias al desmedido crecimiento de la actividad agrícola y mal uso del recurso suelo, además se obtuvo resultados de la distribución de las familias de macroinvertebrados por sustrato y microhábitat en los tres ríos del cantón El Empalme (12).
- Molina (45), realizó una investigación donde describe la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino del valle Choquecota de la cuenca amazónica boliviana. Los resultados muestran una baja riqueza de taxa de macroinvertebrados que sin embargo son abundantes, especialmente aquellas poblaciones que son permanentes: Baetidae (*Andesiops peruvianus*), Leptophlebiidae (*Meridialaris tintinnabula*), Gripopterygidae (*Claudioperla tigrina*), Simuliidae, Chironomidae y Oligochaeta. Fue determinado por herramientas estadísticas de análisis multivariado, mediante el dendrograma del análisis de Cluster (distancia euclidiana y ligamiento aritmético UPGMA). Distribución espacio-temporal de macroinvertebrados acuáticos en el río Choquecota demostramos que la densidad y la riqueza de las poblaciones de macroinvertebrados están influenciadas por las variaciones de descarga hidráulica. Además se desarrolló análisis físicos químicos del agua para evaluar su calidad.
- Arroyo (46), Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. Se realizó un muestreo de macroinvertebrados bentónicos en los ríos Guajalito, Palmeras y Brincador, con el fin de estimar la

calidad de las aguas de los mismos. Se aplicaron índices biológicos y de diversidad para determinar la composición y estructura de los MIA, los resultados obtenidos mediante la utilización de los índices en los ríos G, P y B fue numerosa y diversa con 8807 individuos (4077,3 ind/m²), distribuidos en 10 órdenes y 29 familias, de las cuales 28 corresponden a familias de insectos; Las familias más representativas fueron Hydropsychidae, Chironomidae y Helicopsychidae.

- Según Guinard, Ríos & Bernal (47), realizaron un estudio que determinaron la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. Se identificaron un total de 4 964 individuos, pertenecientes a 50 géneros, 30 familias y nueve órdenes de la clase Insecta. Aplicaron el índice de diversidad de Shannon-Weaver en promedio para la época seca fue de 2.36 y en época lluviosa de 1.95, es decir, una diversidad media en este ecosistema. En época seca, la abundancia de individuos fue mayor en el orden Hemiptera, familia Veliidae y el género Rhagovelia. En época lluviosa, los órdenes más representativos fueron Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae y el género Thraulodes. El índice de Jaccard indicó que las estaciones con mayor similitud fueron la 1 y 2, con un 65.2 % (época seca) y 76.9 % (época lluviosa), mientras que la similitud fue baja en las estaciones 1 y 3, con un 33.3 % (época seca) y un 41.7 % (época lluviosa).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. Localización

EL Río Pumbo Grande, se encuentra ubicado en el recinto El Progreso del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Tiene una altitud de 355 msnm y se encuentra sobre el Bosque Montano, con una temperatura promedio de 24 °C (48).

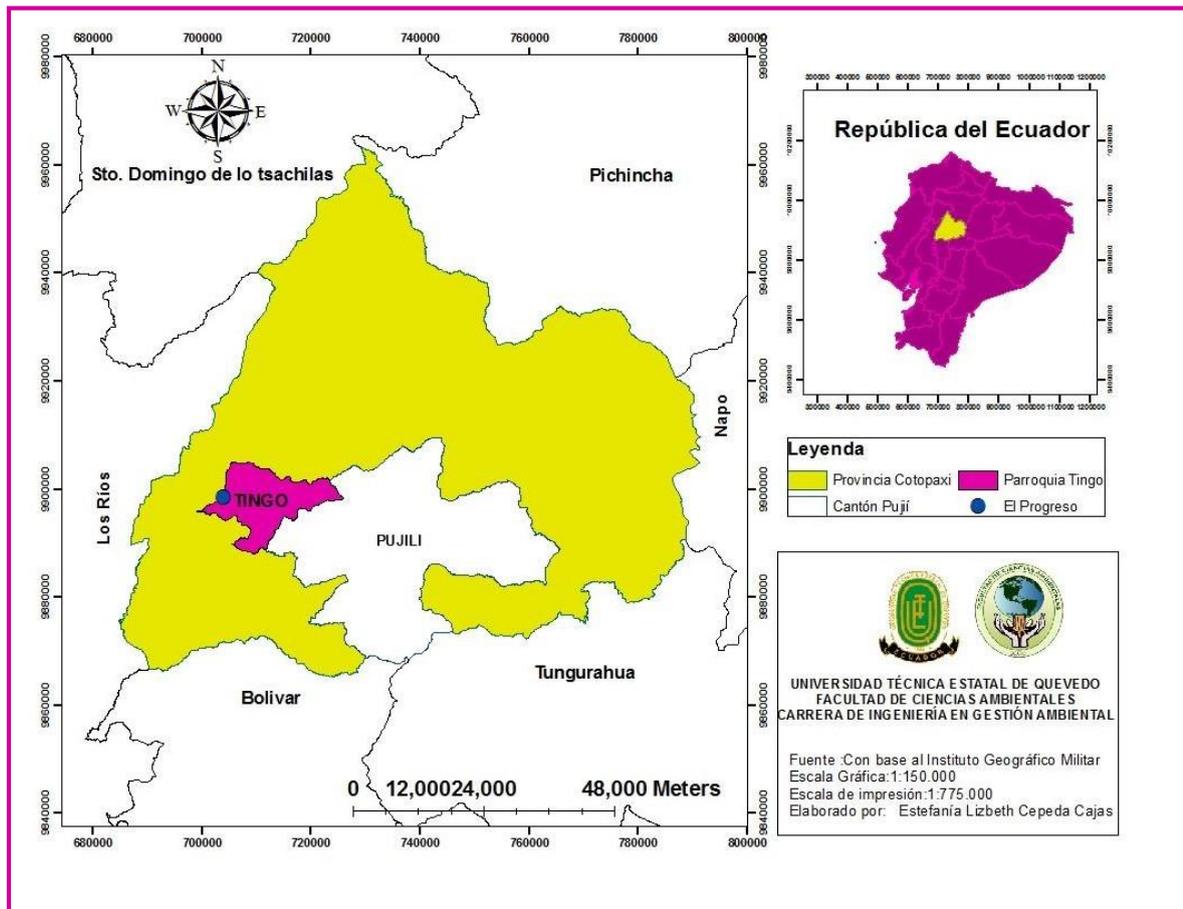


Figura 1. Mapa de ubicación del recinto El Progreso

Fuente: Autora

3.1. Metodología

3.1.1. Selección del área de muestreo

Para realizar el monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos se establecieron los puntos de muestreo en el río Pumbo Grande según los usos de suelo: plantación Forestal, cultivo agrícola y pastizal la distancia aproximada que cubre el área a estudiar es de 7.500 m (ver fig. 2).

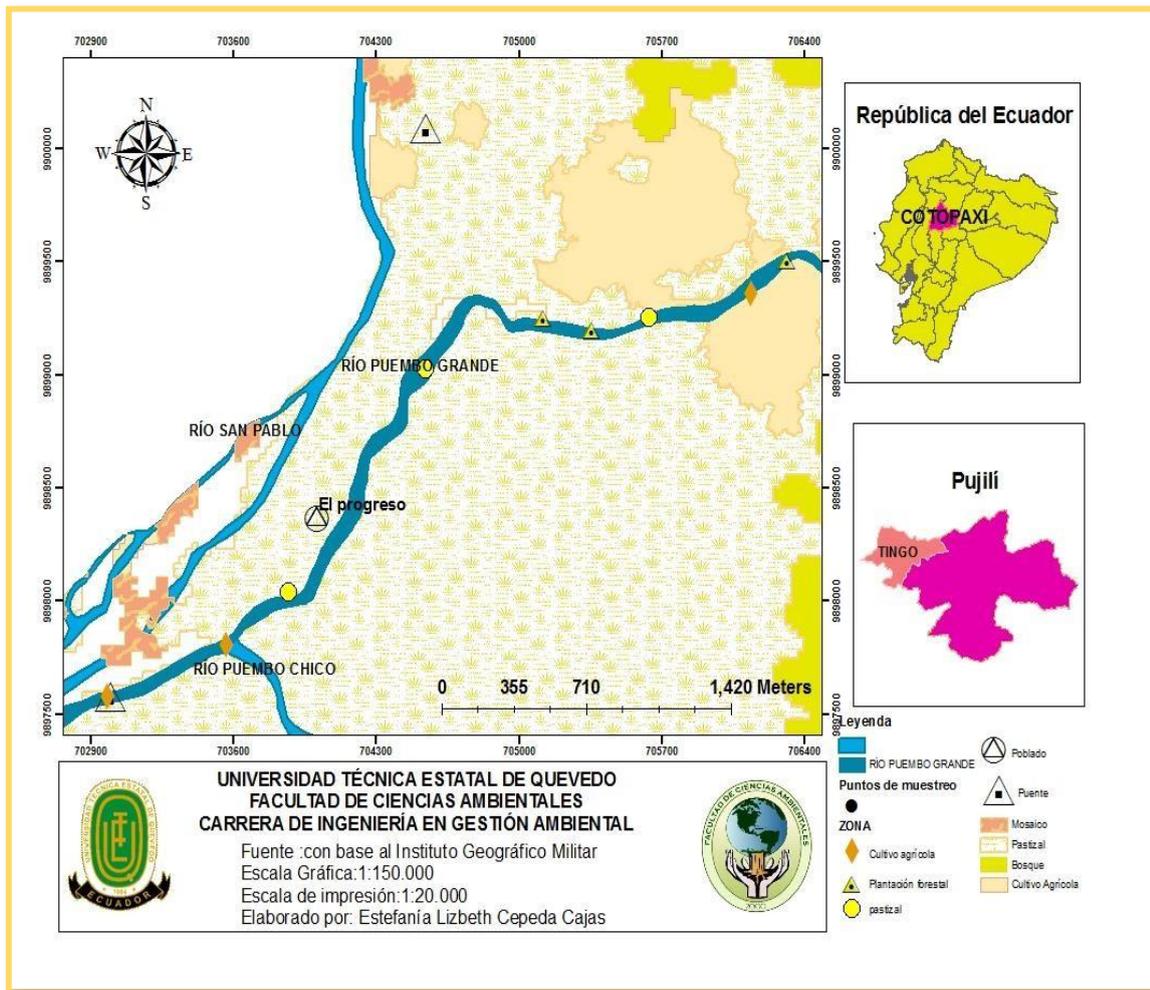


Figura 2. Mapa de puntos de monitoreo del área de estudio

Elaborado: Autora

3.2. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo diagnóstica y exploratoria.

3.2.1. Diagnóstica

Este estudio identifica las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua, esta información se fortalece a través de la observación directa, el monitoreo de los macroinvertebrados y además de la toma de muestras de agua para la realización de análisis físico-químicos.

3.2.2. Exploratoria

3.2.2.1. De campo

El estudio incluyó una valoración de campo, consistió en la realización de toma de muestras de agua en el río Puembo Grande para determinar los parámetros físico-químicos básicos y el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos para conocer la calidad del agua del mismo.

3.2.2.2. Documental

La investigación fue elaborada mediante revisión de literatura pertinente a la temática en estudio; para lo cual se utilizó textos como: artículos científicos, revistas científicas, informes de investigación, y tesis de grado.

3.3. Métodos de la investigación

La presente investigación utilizó los métodos de observación y deducción:

3.3.1. Método de observación

Mediante la observación directa se establecieron los puntos de estudio, el cual permitió valorar el entorno actual, entender la problemática y lograr definir las estrategias de protección para el río Puembo Grande que se encuentren intervenidos por actividades agrícolas, mediante la identificación de macroinvertebrados se evaluó la calidad del agua de los mismos.

3.3.2. Método deductivo

Este método es utilizado en varios software (propuesto por los autores) para determinar los Índices de diversidad, riqueza, abundancia y equitatividad. Permitted obtener los resultados de la identificación de los macroinvertebrados acuáticos, el método se requirió para el análisis de datos y poder establecer la calidad de agua del río Puembo Grande.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Primarias

- Observación directa
- Recolección de muestras de macroinvertebrados acuáticos en el río Puembo Grande

3.4.2. Secundarias

3.4.2.1. Revisión bibliográfica

- Artículos científicos
- Libros y diferentes páginas de internet que sustentaron el proyecto de investigación
- Tesis

3.5. Diseño de la investigación

El proyecto de investigación es de tipo no experimental, debido a que la observación de los macroinvertebrados acuáticos se efectuó en su estado natural, durante los meses de enero a marzo (2018), con una frecuencia de 15 días cada monitoreo. Las estaciones de muestreo se establecieron en el río Pumbo Grande del cantón Pujilí de acuerdo al uso de suelo cultivo agrícola, plantaciones forestales y pastizal; estos fueron elegidos por poseer diferencias en la diversidad de la cobertura vegetal ribereña, tipos de sustratos y usos de suelo.

3.6. Composición, abundancia, diversidad y riqueza de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el río Pumbo Grande

Se establecieron puntos de muestreo considerando la accesibilidad, área de control y área afectada para realizar una comparación entre los puntos. Se seleccionaron tres puntos al azar de muestreo en cada uso de suelo identificado: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal; Estos fueron determinados en función de la descripción del lugar, mediante la observación directa y recopilación de datos tomados con GPS. En la tabla 1 se muestra las características del sitio de estudio.

Tabla 1. Puntos de muestreo y características del sitio de estudio en el río Pumbo Grande, Cotopaxi, Ecuador.

Zona de muestreo	Río Pumbo Grande								
	Plantación forestal			Agrícola			Pastizal		
	Coordenadas geográficas								
	X	Y	Descripción de la zona	X	Y	Descripción de la zona	X	Y	Descripción de la zona
A	706305	9899498	El punto de muestreo cuenta con rocas grandes, e incluso hay un puente peatonal para el invierno.	706133	9899358	Presencia de material rocoso, el cauce es poco corrientoso, de un lado hay presencia de variedad de vegetación y al otro lado hay presencia de cultivos agrícolas y plantaciones de caña bambú.	705635	9899248	En el lugar existe mucha vegetación, menor predominación de piedras pequeñas, a unos 5m del punto de monitoreo se encuentra un puente, a unos 15 m de la planta de captación de agua para el consumo de la Maná.
B	705352	9899192	Presencia de vegetación, gran extensión de bosque de melina, el sitio es rocoso.	703559	9897806	El río cuenta con presencia de vegetación, árboles frutales y cacao, a unos 15 m hay un puente, e inclusive hay un brazo del río Pumbo chico que se une al Pumbo grande.	704538	9899022	En el lugar se encuentra la presencia de ganadería, piedras pequeñas, material de construcción (lastre), con un caudal muy poco, un puente, y poca vegetación.
C	705113	9899244	Existe la presencia de variedad de vegetación, poca presencia de rocas grandes.	702976	9897578	El río tiene rocas pequeñas, este punto está cerca del puente Pumbo hay también de un lado muros de contención.	703868	9898038	En el área se encuentra intervenida por maquinarias que extraen material de construcción.
Distancia entre tramos	A y B = 500m A y C= 900m			A y B = 1500m A y C= 2500m			A y B = 800m A y C= 1600m		
Tipo de sustrato	Arena y hojarasca			Arena, grava y hojarasca			Arena y hojarasca		
Micro hábitat	Corriente lentas			Corrientes rápidas y lentas			Corrientes lentas y rápidas		

Fuente: Autora.

La captura de los macroinvertebrados acuáticos se lo realizó con una “Red D-net” la cual se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar, y poseen cualquier tipo de sustrato: fango, hojas, troncos, piedras, etc. En el caso de las piedras, se recolectó todos los macroinvertebrados acuáticos observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de hojarasca y el sedimento removerá, *in situ* en el cauce de los ríos. Se realizó tres réplicas por cada punto de muestreo, cada punto tuvo una distancia de 100m, con un tiempo estandarizado de colecta de 30 minutos. Se realizó tres muestreos durante los meses: enero y febrero con una frecuencia quincenal. La preservación y etiquetado de las muestras de los macroinvertebrados acuáticos recolectados se colocaron en frascos de vidrio, con alcohol al 70% el mismo que debe cubrir completamente toda la muestra colectada. Las muestras recolectadas fueron rotuladas con la fecha y la descripción del punto de muestreo; la identificación se lo hizo en el laboratorio de microbiología de la UTEQ. Para la identificación de los especímenes se utilizó estereoscopios y claves taxonómicas de Roldan y Domínguez y Fernández (2009) (20).

3.6.1. Diseño estadístico

Para la determinación los índices de diversidad se separaron el número de macroinvertebrados, para luego ingresar los datos en un programa estadístico. Los índices utilizados se describen en la (tabla 2).

Tabla 2. Identificación de los índices de biodiversidad, dominancia y equitatividad.

INDICES DE DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y EQUITATIVIDAD	EQUACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Shannon-Weaver	$H' = -\sum_{i=1}^K p_i \log p_i \rightarrow p_i = \frac{n_i}{N}$ <p>K: es el número de categorías. pi :es la proporción de observaciones en cada categoría. ni: es el número de individuos por especie. N: es el número total de individuos en una muestra.</p>	<p>Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica. La diversidad máxima se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes.</p> <p>El valor del índice varía de 0,0 a 5,0</p>
Dominancia de Simpson	$D_s = 1 - \sum_{i=1}^N n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$ <p>ni: es el número de individuos de una especie. N: es el número total de individuos.</p>	<p>Determina la abundancia de las especies más comunes, su valor va de 0 a 1.</p>
Índice de Margalef	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$ <p>S: es el número de especies presentes, N: es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). Ln: denota el logaritmo neperiano de un número.</p>	<p>Estima la tasa y los números de individuos que forman parte de las comunidades, en los puntos de muestreos identificados.</p> <p>Este índice varía entre valores por debajo de 2 para ecosistemas con poca biodiversidad y superiores a 5 con mucha biodiversidad (49).</p>

Fuente: Autora.

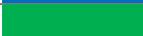
3.6.2. Calcular la calidad del hábitat fluvial y el estado de vegetación de ribera en el río Puembo Grande, mediante la aplicación del índice del hábitat fluvial (IHF) y el Índice de calidad de bosque de ribera (QBR).

La evaluación hidromorfológica se realizó mediante la aplicación de dos índices, uno para valorar la calidad de la ribera (QBR) y el otro para evaluar la diversidad de hábitats (IHF).

- **Índice de calidad del bosque de ribera QBR**

Evalúa distintos componentes y atributos de la ribera en cuatro apartados; grado, estructura, calidad de cubierta de la zona de ribera y grado de naturalidad del canal fluvial. El valor final del índice es la suma de los apartados, el cual varía entre 0 y 100 (50). La siguiente tabla muestra los valores que determinan la calidad de ribera.

Tabla 3. Índice de calidad QBR

Calidad	Puntuación	Descripción de la ribera	Color
Muy buena	≥ 95	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural	
Buena	75 – 90	Bosque ligeramente perturbado	
Intermedia	55 – 70	Inicio de alteración importante	
Mala	30 – 50	Alteración fuerte	
Pésima	≤ 25	Degradación extrema	

Fuente: (Munné et al., 2003).

- **Índice de calidad del Hábitat Fluvial (IHF)**

Valora la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada. A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (51). La puntuación final varía entre 0 (mínima calidad) y 100 (máxima calidad). El IHF, evalúa los siguientes parámetros (52) y (53).

Los rangos del índice van desde muy buena a mala calidad (Tabla 4).

Tabla 4. Rangos de calidad según el Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Interpretación	Puntuación	Color
Muy buena	100- 90	
Buena	89 – 70	
Moderada	69 – 50	
Deficiente	49 – 30	
Mala	29 – 0	

Fuente: (Smith y Smith, 2000) (53).

3.6.3. Determinar la relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Puenbo Grande.

Se determinó los valores de los parámetros físicos – químicos de cada uso de suelo (plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal): temperatura del agua (°C), oxígeno disuelto (mg/dm³), pH, conductividad eléctrica (µS/cm), sólidos disueltos totales (mg/dm³), estos se midieron de manera *in situ*. Los datos obtenidos en el monitoreo se los relacionó con la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos; además para la evaluación del ACC se ingresó los datos obtenidos en el programa Excel en el complemento xlstat donde se determinó el análisis de correspondencia canónica.

3.6.4. Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua en el río Puenbo Grande, mediante la aplicación del Índice BMWP-CR.

Se calculó sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontradas, según su grado de sensibilidad a la contaminación. El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brinda el valor final del índice (16). Este sistema de valoración requiere únicamente información a nivel de familia, el cual no es específico para ninguna captación de agua o área geográfica determinada y los datos son cualitativos (presencia o ausencia; Tabla 5) (54).

Tabla 5. Puntaje según el índice BMWP-CR de calidad de agua para los cuerpos de agua superficiales de Costa Rica

NIVEL DE CALIDAD DEL AGUA	BMWP	Color
De calidad excelente	>120	Azul
De calidad buena, no contaminada o no alterada de manera sensible	101-120	Azul
De calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Verde
De calidad mala, contaminada	36-60	Amarillo
De calidad mala, muy contaminada	16-35	Naranja
De calidad muy mala, extremadamente contaminada	<15	Rojo

Fuente: Prat et al., 2000 (55).

3.7. Instrumentos de investigación

Para la elaboración de esta investigación se utilizaron Índices Biológicos y Ecológicos, el BMWP-Cr ayudó a evaluar la calidad del agua del río Pumbo Grande, el QBR contribuyó con información sobre el estado actual de la vegetación ribereña de cada uno de los sitios evaluados, adicional a estos se utilizaron los índices de Margalef, Shannon-Weaver y Simpson, para determinar la abundancia, riqueza y distribución de los macroinvertebrados.

3.8. Tratamiento de los datos

Se aplicó un diseño complemento aleatorio (DCA) en donde los factores de estudio fueron A (río) y B (quincenal), y la interpretación de los factores A*B; las variables de respuesta seleccionadas en el D.C.A fueron: índice de diversidad de Shannon, riqueza de Margalef, índice de dominancia. Además, se realizó un análisis Clúster con método de agrupación de Jaccard entre sitios de muestreo para identificar las similitudes de la composición de familias. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significancia $p=0,05$.

3.9. Recursos humanos y materiales

Tabla 6. Lista de materiales

DE CAMPO	DE OFICINA	DE LABORATORIO
Alcohol	Computadora	Cajas Petri
Bandeja de loza blanca	Hojas A4	Estereoscopio
Bolígrafos	Impresora	Lámpara de luz
Cámara fotográfica	Pendrive	Lupas
Envases plásticos estériles		Pinzas
GPS		Potenciómetro
Pinzas		Los análisis de los parámetros físico
Red D-net		químicos serán evaluarán in situ.
		La identificación de los
		macroinvertebrados en el laboratorio de
		biología de la UTEQ.

Fuente: Autora

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados, en cuanto a la composición, abundancia, diversidad y riqueza en el río Puenbo Grande.

Para el cumplimiento de este objetivo se caracterizó las diferentes comunidades de macroinvertebrados acuáticos, durante los meses (enero a marzo) y se los determinó en niveles de órdenes, familias y géneros; según los usos de suelo: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal (ver en la tabla 7.) dando como resultado que los de especímenes más abundantes son: Coleóptera familia Psephenidae (*psephenus*) con un valor de (25), seguido del orden Ephemeroptera familia baetidae (*baetodes*) (22) y Ephemeroptera familia baetidae (*baetis*) (20).

En la recolección e identificación de macroinvertebrados acuáticos en cada uso de suelo, se alcanzó un total de 1404 individuos entre 11 órdenes, 32 familias y 42 géneros (tabla 8.) siendo las familias más representativas en función a los diferentes usos de suelo, el orden (Hemiptera) familia (naucoridae) de género (*limnocoris*) presento mayor número de individuos con 143, el orden (Ephemeroptera) de familia (Baetidae) género (*baetodes*) se encontró 131 taxás, seguido del orden Coleóptera familia Psephenidae (*psephenus*) con 117, por otra parte los menos predominantes son los siguientes ordenes Trichoptera familia leptoceridae género (*Oecetis*) con una valoración de 1, Odonata familia Libellulidae (*dythemis*) con una valoración de 1, el orden (Tricladida) familia (ferrisidae) género (*Sin determinar*) con una valoración de 2.

A diferencia del estudio de Murillo (36), en tres ríos del bosque protector Murocomba en el cantón Valencia provincia de Los Ríos. La abundancia acumulada fue mayor de macroinvertebrados acuáticos recolectados con un total de 5860 individuos en los ríos estudiados, los cuales están representados en 9 órdenes y 34 familias, el mayor número de individuos pertenece a la familia (Hidropsychidae) del orden (Trichoptera) con 940 individuos. El segundo más diverso se presentó con 892 individuos de la familia (Elmidae) del orden (Coleóptera). También se identificó 803 individuos de la familia (Baetidae) del orden (Ephemeroptera), seguido de la familia (Leptophlebiidae) del orden (Ephemeroptera) con 503 taxás. Además, se hallaron familias con menor diversidad de individuos del orden (Ephemeroptera) de la familia (Leptohiphidae) con 428 individuos, seguido del orden (Ephemeroptera) de las

familias (Perlidae y Leptoceridae) con 372 y 233 individuos, mientras que las demás familias presentaron menor número de individuos.

Las zonas más representativas según los órdenes, familias y géneros de macroinvertebrados fueron: en (plantación forestal) en el mes de enero, el orden (Hemiptera), familia (naucoridae) de género (*limnocoris*) con 59; en febrero, el orden (Coleóptera), familia Psephenidae (*psephenus*) con 27 individuos y en marzo el orden (Ephemeroptera), de familia (Baetidae) género (*Camelobaetidius kondratieffi*) con 14. En la zona de (cultivo agrícola) en enero, el orden (Ephemeroptera) de familia (Tricorythidae) género (*Leptophybes*) con 32 individuos, febrero el orden (Ephemeroptera) de familia (Leptophlebiidae) género (*traulodes*) con 21 y marzo el orden (Ephemeroptera) de familia (Baetidae) género (*baetodes*) con 15 individuos y en la zona de (pastizal), en el mes de enero el orden (Hemiptera) familia (naucoridae) de género (*limnocoris*) con 44, en febrero el orden (Ephemeroptera) de familia (Baetidae) género (*baetodes*) con 36 y marzo con el orden (Ephemeroptera) de familia (Baetidae) género (*baetodes*) 19 individuos .

Lo diferente reportado por el estudio de Guerrero (42), en la microcuenca “El Sapanal” durante la época seca (septiembre a diciembre) en los diferentes usos de suelo cultivos agrícolas, pastizal y bosque se determinó que los órdenes con mayor abundancia fueron: Trichoptera familia Hydropsychidae (47) y Leptoceridae (38), seguido del orden Coleoptera correspondiente a la familia Elmidae (47), y el orden Hemiptera, familia Naucoridae (41).

Tabla 8. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes usos de suelo en el río Pumbo Grande.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	PUNTOS DE MUESTREO - RIO PUMBO GRANDE																								TOTAL	%					
			PUNTO 1									PUNTO 2									PUNTO 3												
			PLANTACIÓN FORESTAL									CULTIVO AGRÍCOLA									PASTIZA												
			M1	F	M	M2	F	M	M3	F	M	M1	F	M	M2	F	M	M3	F	M	M1	F	M	M2	F	M			M3	F	M		
E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M							
TRICHOPTERA	Leptoceridae	Oecetis																								1	0						
		Nectopsyche	2	1	1																						4	0					
	Helicopsychidae	Helicopsyche boriales				3	1		1							1				1	1		1				9	1					
	Calamoceratidae	Phylloicus				1	1										1									1	4	0					
	Hydropsychidae	Leptonema	10			6	8	4	3	1		1			6	6	5	2	5		2		5	1		6	1	71	5				
		Smicridea	27			1			4								5			6		2		1	2	2	6	5	76	5			
		Calosopsyche	2							1	2								1	1		1	1	2	1	1	2		16	1			
	Hydrobiosidae	Atopsyche					2	4						4															10	1			
	Glossosomatidae	Mastigoptila	1																	2	1	1	1						15	1			
		Protoptila																												8	1		
	Odontoceridae	Marilia																												3	0		
	Polycentropodidae	Polypectropus	1					1			3																			12	1		
		Polycentropus																													6	0	
	Anomalopsychidae	Contulma						1	2			1																		4	0		
Hydroptilidae	Neotrichia																													3	0		
COLEOPTERA	Elmidae	Stenelmis	4																											8	1		
		Macrelmis	10	1	2	2			1	2																				23	2		
		Cyloopus	3				1																								14	1	
	Psephenidae	Psephenus	3	1	3	2	21			2	5	1	1	1	6	3	1	4	6	4	4	3	26	7	3	3	2	2	3	117	8		
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	traulodes				3	5	4	5	10	7		7	3	3	14	2	3												9	50	4	
		traverella								6	4	3	5																				
	Baetidae	Camelobaetidius kondratieffi	17	20	5	3	5	5																							78	6	
	Baetidae	Baetodes		5			6	7	2	7	2	7	5	13	3	2	2	1	4		3	14	6		10	7	7	12	6	131	9		
	Baetidae	Baetis		8	2	8				5	4																				104	7	
	Caenidae	Caenis	11				12	1	1	5			5	2		12	3		8	3		5		1		4	1		7	1	82	6	
	Leptohyphidae	Vacuperinus		2	2		1	3																							21	1	
		Leptohyphes	3		1		2	1																								28	2
	Tricorythidae	Leptophybes	2			3				3	4		6	1																		52	4
	PLECOPTERA	Perlidae	Anacroneuria	3			2	1		2																						21	1
HEMIPTERA	Naucoridae	Macroptera	4			1																									10	1	
		limnocoris	7	5	1	2				5	0			7	2	6	5														2	143	10
MEGALOPTERA	Corydalidae	Corydalus	1			1																									12	1	
ODONATA	Calopterygidae	Hetaerina							1																						10	1	
	Coenagrionidae	Argia				1	1			2																					15	1	
	Gomphidae	Phyllogomphoides		1	3																										6	0	
	Libellulidae	Dythemis																														1	0
DIPTERA	Brechmorhoga								1																						23	2	
	Tipulidae	Molophilus	2																													7	0
	Simuliidae	Simulium	3																													19	1
GASTRÓPODA	Thiaridae	Melanoides							1																						4	0	
TRICLADIDA	Ferrisiidae	Sin determinar							1																						2	0	
	dugesiiidae	Sin determinar	4			2	2	15	1	1	8	3	2	3	5																	74	5
BASOMMATOPHORA	Lymnaeidae	Lymnaea																														6	0
TOTAL			122	44	22	50	73	36	92	47	33	70	36	39	72	51	32	66	36	33	76	65	27	38	48	28	67	65	36	1404	100		

Elaborado por: Autora

La tabla 8, muestra los números de muestreos realizados en los meses de enero, febrero y marzo con una frecuencia quincenal, en el río Puembo Grande en los diferentes usos de suelo plantación Forestal, cultivo agrícola y pastizales, se identificó un total de 1404 macroinvertebrados acuáticos. El uso de suelo de “Plantación Forestal” fue el que presentó mayor número de individuos (519), por los meses de muestreo a diferencia de los usos de suelo “Pastizales” (450) y cultivo agrícola (435) donde el número de individuos encontrados fueron menor. Esto se debe a las actividades agrícolas presentes en la ribera del río, lo cual influye en la disminución de los macroinvertebrados acuáticos.

4.2. Aplicación de los índices de Diversidad en los tres usos de suelo

Tabla 9. Índices de diversidad

USOS DE SUELO	ÍNDICES DE DIVERSIDAD		
	Simpson_1-D	Shannon_H	Margalef
FORESTAL_M1_ENERO	0,9	2,60	4,4
FORESTAL_M1_FEBRERO	0,7	1,60	2,1
FORESTAL_M1_MARZO	0,9	2,10	2,9
FORESTAL_M2_ENERO	0,9	2,40	3,8
FORESTAL_M2_FEBRERO	0,8	2,20	3,3
FORESTAL_M2_MARZO	0,9	2,41	3,6
FORESTAL_M3_ENERO	0,7	1,90	3,8
FORESTAL_M3_FEBRERO	0,9	2,80	2,3
FORESTAL_M3_MARZO	0,9	2,10	2,6
CUL_AGRICOLA_M1_ENERO	0,9	2,60	4,0
CUL_AGRICOLA_M1_FEBRERO	0,9	2,47	3,9
CUL_AGRICOLA_M1_MARZO	0,8	1,93	2,5
CUL_AGRICOLA_M2_ENERO	0,9	2,66	4,2
CUL_AGRICOLA_M2_FEBRERO	0,8	1,98	2,8
CUL_AGRICOLA_M2_MARZO	0,8	2,00	2,6
CUL_AGRICOLA_M3_ENERO	0,9	2,68	4,1
CUL_AGRICOLA_M3_FEBRERO	0,9	2,66	4,5
CUL_AGRICOLA_M3_MARZO	0,9	2,59	4,3
PASTIZAL_M1_ENERO	0,9	2,68	4,2
PASTIZAL_M1_FEBRERO	0,8	1,83	2,9
PASTIZAL_M1_MARZO	0,9	2,23	3,6
PASTIZAL_M2_ENERO	0,8	2,15	3,3
PASTIZAL_M2_FEBRERO	0,9	2,37	3,4
PASTIZAL_M2_MARZO	0,9	2,21	3,3
PASTIZAL_M3_ENERO	0,8	2,14	3,1
PASTIZAL_M3_FEBRERO	0,9	2,22	2,9
PASTIZAL_M3_MARZO	0,9	2,18	3,1

Elaborado por: Autora

La tabla 9, muestra los valores de índices de diversidad mostrando la dominancia, la diversidad y la riqueza de los macroinvertebrados acuáticos a continuación se detallan cada uno de los índices aplicados a los tres usos de suelo.

4.2.1. Índice de Simpson_1-D

La tabla 9, muestra que en los tres usos de suelo el índice se encuentra entre 0,7-0,9, lo que significa que en este sitio (Río Pumbo Grande) existe mayor dominancia del orden Ephemeroptera con un valor de 641 individuos.

4.2.2. Índice de Shannon_H

En la tabla 9, se observa que en las tres salidas al campo, la plantación forestal se encuentra entre: 1,60 y 2,80 valores que son menores a 3; clasificándose de acuerdo a Shannon como de moderada biodiversidad en el caso del sitio con cultivo agrícola los valores se encuentran entre:

1,93 y 2,68, al igual que en el caso anterior existe una moderada biodiversidad; y, para el caso del suelo cubierto de pastizal los valores se encuentran entre 1,83 y 2,68 lo que hace referencia a una moderada biodiversidad.

4.2.3. Índice de Margalef

El índice de Margalef aplicado para los tres usos de suelo en plantación forestal los valores se encuentran entre: 2,1 y 4,4 por lo que se encuentran en una moderada biodiversidad, para el caso de suelo de cultivo agrícola los valores se encuentran entre: 2,6 y 4,5 por lo que de acuerdo a Margalef se tiene una moderada biodiversidad y, en el uso de suelo pastizal se encuentran entre: 2,9 y 4,3 se tiene una moderada biodiversidad.

Algo similar presentó el estudio realizado por Palma (43) en tres ríos: Yanayacu, Churuyacu y Guasaganda Grande, de la parroquia Guasaganda provincia de Cotopaxi, aplicó los índices de diversidad dando como resultados: río Yanayacu, los valores del Índice de Dominancia y Simpson, determinó un grado de dominancia bajo de (0,89), pero con un alto grado de diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos de (0,11), mientras que para los ríos Churuyacu y Guasaganda Grande, los resultados de dominancia es alta (0,91) mientras que su diversidad es baja de (0,09). Y el índice de Diversidad Shannon, determinó que el máximo valor fluctuó en los ríos Yanayacu y Churuyacu (2,61), presentando mayor número de individuos por familia en los meses de Julio, Agosto y Septiembre; y con menores individuos de macroinvertebrados se presentó el Río Guasaganda Grande con 2,57.

4.3. Similitud de diversidad

La tabla 10, muestra los enlaces de promedios entre los usos de suelo en función de la correlación de similitud y distancia entre índice de diversidad

Tabla 10. Matriz de correlación de similitud y distancia entre índices de diversidad según los tres usos de suelo.

JACCARD			
	P_FORESTAL	C_AGRÍCOLA	PASTIZAL
P_FORESTAL	1	0,825	0,75609756
C_AGRÍCOLA	0,825	1	0,825
PASTIZAL	0,75609756	0,825	1

Fuente: Autora

De acuerdo a la matriz de correlación de similitud y distancia entre índices, el método de Jaccard se obtuvo como resultado que el uso de suelo plantación forestal y cultivo agrícola tienen una similitud de 0,8; el uso de suelo plantación forestal y pastizal tienen una similitud de 0,8 y la relación entre el uso de suelo pastizal y cultivo agrícola es 0,8, por lo que estadísticamente existe una relación entre estos 3 tipos de sistemas, estos mismos se pueden apreciar en el gráfico de clúster en el que se establece la similitud jerárquica.

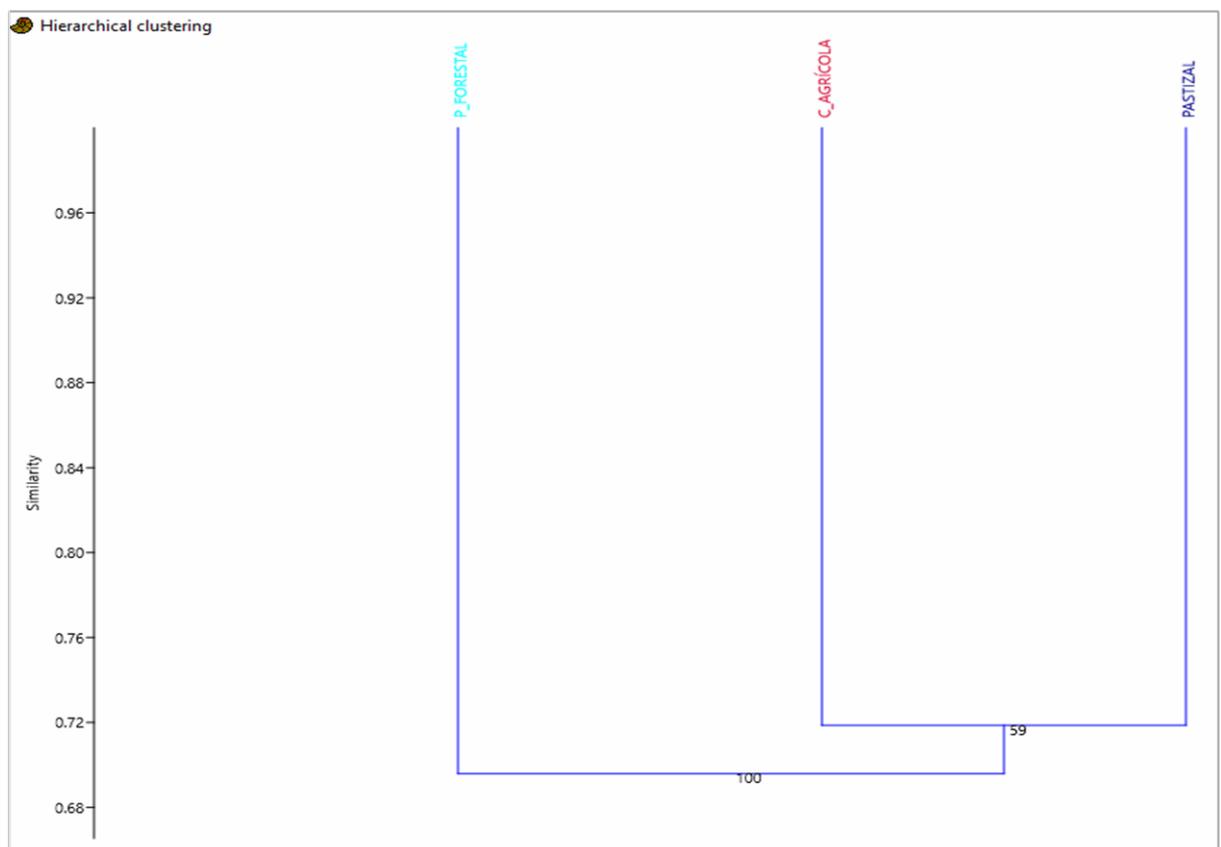


Figura 3. Dendrograma similitud y distancia del coeficiente de correlación de clúster

Fuente: Autora

La figura 3, muestra que el uso de suelo cultivo agrícola y pastizal tienen mayor correlación es decir hay presencia de mayor abundancia de diversidad, mientras que la plantación forestal tiene menor correlación y abundancia de diversidad. Sin embargo todos tienen coeficientes adecuados de 0,8. A diferencia del estudio, Guerrero (2017), realizado en la microcuenca “El Sapanal”, en el cantón Pangua-Ecuador, en donde se aplicó el índice de similitud de Jaccard, obteniendo como resultado que los puntos de muestreo cultivo agrícola septiembre y noviembre

(0,379) seguido de cultivo agrícola noviembre y bosque septiembre (0,387) presentaron menor similitud, a diferencia de los puntos bosque octubre y noviembre los mismos que presentaron mayor similitud (1) seguidos por bosque octubre y diciembre (0,893) y bosque noviembre y diciembre (0,893).

A diferencia de la investigación de M. Toledo & B. Mendoza (2017), realizado en la microcuenca del río Chimborazo, se aplicó el índice de similitud de Jaccard en cuatro puntos de muestreo : 1 Quebrada totorillas , 2 Loma Yanarrumi, 3 Calera San francisco y 4 Puente cemento Chimborazo , dando como resultados que los puntos 2 y 4 así como el 3 y 4 presentan una similitud del 50% es decir hay mayor cantidad de familias de macroinvertebrados acuáticos, mientras que los otro puntos comparten menor similitud y familias de macroinvertebrados acuáticos (57).

La tabla 11, muestra la distribución de macroinvertebrados acuáticos en el nivel de orden, familia y género en función al uso de suelo y la relación al tipo de sustrato y microhábitat donde se encuentran. El río Pumbo Grande, en la zona (Plantación forestal) el orden Ephemeroptera familia Baetidae géneros (*Camelobaetidius kondratieffi*, *Baetodes* y *Baetis*) presentó el sustrato de hojarasca y piedras en los tres meses de muestreo (enero a marzo), siendo las más representativas y con diversidad de abundancia, estos macroinvertebrados viven en aguas limpias, en un microhábitat de aguas con corrientes lentas y rápidas.

Tabla 12. Distribución de macroinvertebrados acuáticos del uso de suelo (CULTIVO AGRÍCOLA).

ÓRDEN	FAMILIA	GÉNEROS	PUNTO 2 CULTIVO AGRÍCOLA																																
			ENERO 30 - 31				Sustratos	Hábitat	FEBRERO 14 - 15				Sustratos	Hábitat	MARZO 1 - 2				Sustratos	Hábitat															
			1	2	3	TOTAL			%	1	2	3			TOTAL	%	1	2			3	TOTAL	%												
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	Helicopsyche boriales				0	0							1	1	Grava	Corrientes rápidas				0	0													
	Calamoceratidae	Phyllocicus				0	0															1	1	1	Piedras	Corrientes rápidas									
	Hydropsychidae	Leptonema			5	5	2	Piedras	Corrientes rápidas	1	6	2	9	7	Piedras	Corrientes rápidas			6	5	11	11	Piedras	Corrientes rápidas											
		Smicridea	8	6	5	19	9	Piedras	Corrientes rápidas				0	0					1	1	1	1	Piedras	Corrientes lentas											
	Calosopsycha				0	0				1	1	2	2	Piedras	Corrientes rápidas				1	1	1	1	Grava	Corrientes lentas											
	Hydrobiosidae	Atopsyche		4		4	2	Piedras	Corrientes rápidas				0	0							0	0													
	Glossosomatidae	Mastigoptilia			1		1	0	Piedras	Corrientes rápidas	2	1		3	2	Piedras	Corrientes lentas	1				1	1	1	Hojarasca	Corrientes rápidas									
		Protoptilia				0	0				1	2		3	2	Troncos	Corrientes lentas	1	2	1	4	4	4	4	Piedras	Corrientes moderadas									
	Odontoceridae	Marilia				0	0						0	0						1	1	1	1	Hojarasca	Corrientes rápidas										
	Polycentropodidae	Polyplectropus			3		3	1	Piedras	Corrientes lentas			1	1	1	Troncos	Corrientes lentas			2	2	2	2	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas										
		Polycentropus				0	0				2	1		3	2	Hojarasca	Corrientes lentas	1				1	1	1	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas									
	Hydroptilidae	Neotrichia				0	0					1	1	1	Piedras y hojarasca	Corrientes lentas y rápidas					0	0													
COLEOPTERA	Elmidae	Stenelmis				0	0					1	1	1	Troncos y hojarasca	Corrientes lentas					3	3	3	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas										
		Macrelmis	1	1		2	1	Troncos	Corrientes lentas				0	0							0	0													
	Cyloopus	2	4		6	3	Piedras y hojarasca	Corrientes lentas y rápidas				0	0							0	0														
	Psephenidae	Psephenus	1	3	6	10	5	Troncos y hojarasca	Corrientes lentas	1	1	4	6	5	Piedras	Corrientes moderadas	6	4	4	14	13	13	13	Piedras	Corrientes lentas										
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	traulodes		3	3	6	3	Troncos y hojarasca	Corrientes lentas	7	14		21	17	Hojarasca	Corrientes rápidas	3	2	3	8	8	8	8	Areana y Piedras	Corrientes lentas										
		traverella	3	1		4	2	Troncos y hojarasca	Corrientes lentas	5		5	10	8	Hojarasca	Corrientes lentas			4	4	4	4	4	4	Areana y hojarasca	Corrientes rápidas									
	Baetidae	Camelobaetidium kondratieffi				0	0				2	3	5	4	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas			1	1	1	1	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas											
	Baetidae	Baetodes	7	3	1	11	5	Piedras	Corrientes moderadas	5	2	4	11	9	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas	13	2		15	14	14	14	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas										
	Baetidae	Baetis	3	7	6	16	8	Hojarasca	Corrientes rápidas			15	1	16	13	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas			10	1	11	11	Piedras	Corrientes lentas										
	Caenidae	Caenis	5	12	8	25	12	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas	2	3	3	8	7	Piedras	Corrientes lentas					0	0													
	Leptohyphidae	Vacuperinus			4	4	2	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas				0	0							0	0													
	Leptohyphes			1		1	0	Hojarasca y piedras	Corrientes lentas				0	0					1		1	1	1	Areana y Piedras	Corrientes lentas										
	Tricorythidae	Leptophybes	16	12	4	32	15	Piedras	Corrientes lentas				0	0							0	0													
PLECOPTERA	Perlidae	Anacroneuria	3		1	4	2	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas			3	3	2	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas					1	1	1	1	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas									
HEMIPTERA	Naucoridae	Macroptera	1		1	2	1	Grava y hojarasca	Corrientes lentas				0	0							0	0													
		limnocoris	7	5	7	19	9	Troncos y hojarasca	Corrientes rápidas	2		2	4	3	Areana y Piedras	Corrientes lentas	6		2	8	8	8	8	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas										
MEGALOPTERA	Corydalidae	Corydalis	2	2	1	5	2	Areana y Piedras	Corrientes lentas				0	0							0	0													
ODONATA	Calopterygidae	Hetaerina	1		3	4	2	Areana y Piedras	Corrientes lentas	1	1		2	2	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas			1		1	1	1	1	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas									
	Coenagrionidae	Argia	3		2	5	2	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas	1	3		4	3	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas					0	0													
	Gomphidae	Phyllogomphoides			2	2	1	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas				0	0							0	0													
	Libellulidae	Dythemis				0	0	Areana y hojarasca	Corrientes moderadas			1	1	1	Piedras	Corrientes rápidas					0	0													
		Brechmorhoga	3	2		5	2	Areana y hojarasca	Corrientes rápidas	2		1	3	2	Areana y hojarasca	Corrientes rápidas	2		1	3	3	3	3	grava	Corrientes rápidas										
DIPTERA	Tipulidae	Molophilus		1	1	2	1	Area	Corrientes lentas				0	0							0	0													
	Simuliidae	Simulium	1	1	6	8	4	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			2	2	2	Hojarasca y arena	Corrientes rápidas			1		1	1	1	1	Areana y hojarasca	Corrientes rápidas									
TRICLADIDA	Ferrisidae	Sin determinar	1			1	0	Grava y hojarasca	Corriente lentas				0	0							0	0													
	Dugesiidae	Sin determinar	2			2	1	Fango y grava	Corriente lentas	3			3	2	Piedras	Corrientes rápidas	5	3	2	10	10	10	10	Piedras	Corrientes rápidas										
TOTAL			70	72	66	208	100			36	51	36	123	100				39	32	33	104	100													

Elaborado por: Autora

La tabla 12, refleja los sustratos que prevalecieron en el río Puembo Grande en el uso de suelo (Cultivo agrícola) en donde: el mes de enero el orden Trichoptera, familia Hydropsychidae, géneros (*Smicridea*), son indicadores de aguas oligo a eutróficas, se los encontró en un sustrato de piedras y sus microhábitat corrientes rápidas, en el mes de febrero la mayor abundancia de especies se encontró en el orden Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae, de género (*Thraulodes*), presentes en sustratos de hojarasca y en un microhábitat corrientes rápidas y en el mes de marzo el orden Coleoptera, familia Psephenidae, género (*Psephenus*), y de orden Ephemeroptera, familia Baetidae, género (*Baetodes* y *Baetis*), se encuentran en sustratos hojarasca y hojarasca – piedras siendo las más representativas y de abundancia estos especímenes viven en un microhábitat de corrientes lentas y rápidos indicador de aguas limpias.

Tabla 13. Distribución de macroinvertebrados acuáticos por sustrato y microhábitat del uso de suelo (PASTIZAL)

ÓRDEN	FAMILIA	GÉNEROS	PUNTO 3 PASTIZAL																								
			ENERO 30 - 31				Sustratos	Hábitat	FEBRERO 14 - 15				Sustratos	Hábitat	MÁRZO 1 - 2				Sustratos	Hábitat							
			1	2	3	TOTAL			%	1	2	3			TOTAL	%	1	2			3	TOTAL	%				
TRICHOPTERA	Leptoceridae	Oecetis			1	1	1	Piedras	Corrientes rapidas				0	0					0	0							
	Helicopsychidae	Helicopsyche boriales				0	0					1	1		2	1	grava	Corrientes rápidas	1			1	1	1	grava	Corrientes rápidas	
	Calamoceratidae	Phyllocicus				0	0								0	0						1	1	1	Hojarasca	Corrientes rápidas	
	Hydropsychidae	Leptonema				0	0					2	5	6	13	7	Piedras	Corrientes rápidas		1			1	1	1	Piedras	Corrientes rápidas
		Smicridea		6		2	8	4	Piedras	Corrientes rapidas						4	Piedras	Corrientes rápidas	2	2	5	9	10	Piedras	Corrientes rápidas		
	Hydrobiosidae	Calosopsyche			2	2	4	2	Piedras	Corrientes rapidas			1	1		2	1	Piedras	Corrientes rápidas	1	1			2	2	Piedras	Corrientes rápidas
		Atopsyche					0	0								0	0										
	Glossosomatidae	Mastigoptila				0	0					1	3	2	6	3	Piedras	Corrientes lentas	1	2			3	3	Hojarasca	Corrientes lentas	
	Odontoceridae	Protoptila				0	0					1			1	1	Troncos y hojarascas	Corrientes lentas									
		Marilia			2		2	1	Piedras	Corrientes rapidas						0	0										
	Polycentropodidae	Polyplectropus			1		1	1	Troncos	Corrientes lentas						0	0										
Polycentropus				1	1	2	1	Troncos	Corrientes lentas						0	0											
Hydroptilidae	Neotrichia		1			1	1	Piedras y hojarasca	Corrientes lentas y rapidas					0	0												
COLEOPTERA	Elmidae	Macrelmis				0	0						1	1	1	Piedras	Corrientes moderadas	1		1	2	2	Piedras	Corrientes lentas			
		Cyloopus		2		1	3	2	Troncos y hojarascas	Corrientes lentas					0	0											
	Psephenidae	Psephenus		3	3		6	3	Troncos y hojarascas	Corrientes lentas	26	3	2	31	17	Hojarasca	Corrientes rápidas	7	2	3	12	13	Hojarasca	Corrientes rápidas			
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Traulodes				0	0					3	7	15	25	14	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas	1	5	1	7	8	Troncos y hojarascas	Corrientes lentas		
		traverella		5	6		11	6	Troncos y hojarascas	Corrientes lentas			2		2	1	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas			9	9	10	Piedras	Corrientes moderadas		
	Baetidae	Camelobaetidium kondratieffi		3	2		5	3	Piedras	Corrientes moderadas			4		4	2	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas		4		4	4	Hojarasca	Corrientes rápidas		
	Baetidae	Baetodes		3		7	10	6	Hojarasca	Corrientes rapidas	14	10	12	36	20	Piedras	Corrientes lentas	6	7	6	19	21	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas			
	Baetidae	Baetis		8	1	12	21	12	Hojarasca	Corrientes rapidas	1	1	5	7	4	Arena y Piedras	Corrientes lentas	2		4	6	7	Hojarasca	Corrientes lentas			
	Caenidae	Caenis		5			5	3	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas		4	7	11	6	Arena y hojarasca	Corrientes moderadas	1	1	1	3	3	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas			
	Leptohyphidae	Vacuperinus		7			7	4	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas	2			2	1	Arena y hojarasca	Corrientes moderadas					0	0				
	Tricorythidae	Leptohyphes		6		13	19	10	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas					0								0	0			
	Tricorythidae	Leptohyphes		2			2	1	Piedras	Corrientes lentas					0								0	0			
PLECOPTERA	Perlidae	Anacroneuria		2	3		5	3	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas					0								0	0			
HEMIPTERA	Naucoridae	Macroptera		1		1	2	1	Piedras	Corrientes lentas			1		0		Arena y hojarasca	Corrientes rápidas					0	0			
		limnocoris		14	13	17	44	24	Arena y Piedras	Corrientes lentas					0	0			1		2	3	3	Hojarascas y piedras	Corrientes lentas		
MEGALOPTERA	Corydalidae	Corydalis		2	1		3	2	Troncos y hojarascas	Corrientes rapidas			1	1	1	1	Area	Corrientes lentas			1	1	1	1	Piedras	Corrientes lentas	
ODONATA	Calopterygidae	Hetaerina		1		1	2	1	Troncos y hojarascas	Corrientes rapidas					0	0							0	0			
	Coenagrionidae	Argia					0	0			2			2	1	Piedras	Corrientes rápidas						0	0			
	Gomphidae	Phyllogomphoides					0	0						0	0								0	0			
	Libellulidae	Brechmorhoga		3	2	2	7	4	Arena y hojarasca	Corrientes moderadas	1			1	1	Piedras	Corrientes moderadas	1				1	1	1	Arena y Piedras	Corrientes lentas	
DIPTERA	Tipulidae	Molophilus			1		1	1	Arena y hojarasca	Corrientes moderadas			1		1	1	Hojarasca	Corrientes rápidas		1			1	1	Arena y hojarasca	Corrientes moderadas	
		Simuliidae	Simulium			4		4	2	Arena y hojarasca	Corrientes rapidas					0	0				1			1	1	Arena y hojarasca	Corrientes rápidas
GASTROPODA	Thiaridae	Melanoides				3	3	2	Fango y grava	Corriente lentas					0	0							0	0			
TRICLADIDA	dugesiiidae	Sin determinar		2			2	1	Piedras	Corrientes rapidas	10	5	1	16	9	Troncos y hojarascas	Corrientes rapidas	2	1	2	5	5	Piedras	Corrientes rápidas			
BASOMMATOPHORA	Lymnaeidae	Lymnaea				0	0	0					6	6	3	Fango y grava	Corriente lentas					0	0				
TOTAL			76	38	67	181	100				65	48	65	178	100					27	28	36	91	100			

Elaborado por: Autora

En el río Pumbo Grande, donde su suelo es usado por pastizal, presentó en sustratos evaluados que los más representativos en el monitoreo del mes de enero el orden Hemiptera, familia Naucoridae, géneros (*Limnocois*), se los encontró con una mayor diversidad en los puntos de monitoreo en un sustrato de arena y piedras en una microhábitat corrientes lentas, en el mes de febrero la mayor abundancia de especies se encontró el orden Ephemeroptera, familia Baetidae, género (*Baetodes*), presentes en sustratos de hojarasca y piedras en un microhábitat corrientes lentas y en el mes de marzo el orden Ephemeroptera, familia Baetidae, género (*baetodes*), se encuentran en sustratos hojarasca – piedras siendo la más representativa y de abundancia, estos especímenes viven en un microhábitat de corrientes lentas y rápido (tabla 13).

A diferencia de lo encontrado por Mayorga (12), en su estudio realizado en tres ríos El Limón” (bosque) el sustrato que se encontró fueron troncos y hojarasca la familia *Leptohyphidae* de la orden Ephemeroptera con mayor abundancia y están presentes en un microhábitat de corrientes lentas y rápidas; en el estero “La S” (Palma africana), el sustrato que predominó fueron hojarasca, la familia *Baetidae* de la Orden Ephemeroptera, el microhábitat del lugar se caracterizó por corrientes lentas y en el estero “El Guayabo” en donde su suelo está siendo utilizado por el cultivo de Cacao, el sustrato es hojarasca, se encontró la familia *Libellulidae* perteneciente a la orden Odonata, en este estero el microhábitat pozas y estanques (12).

4.5. Calidad del hábitat fluvial en el río Pumbo Grande, mediante la aplicación del Índice del Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

Se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del índice del hábitat fluvial (IHF), lo cual evalúa el hábitat físico para albergar una fauna determinada. Los valores oscilaron entre 0 (mínima calidad) y 100 (máxima calidad).

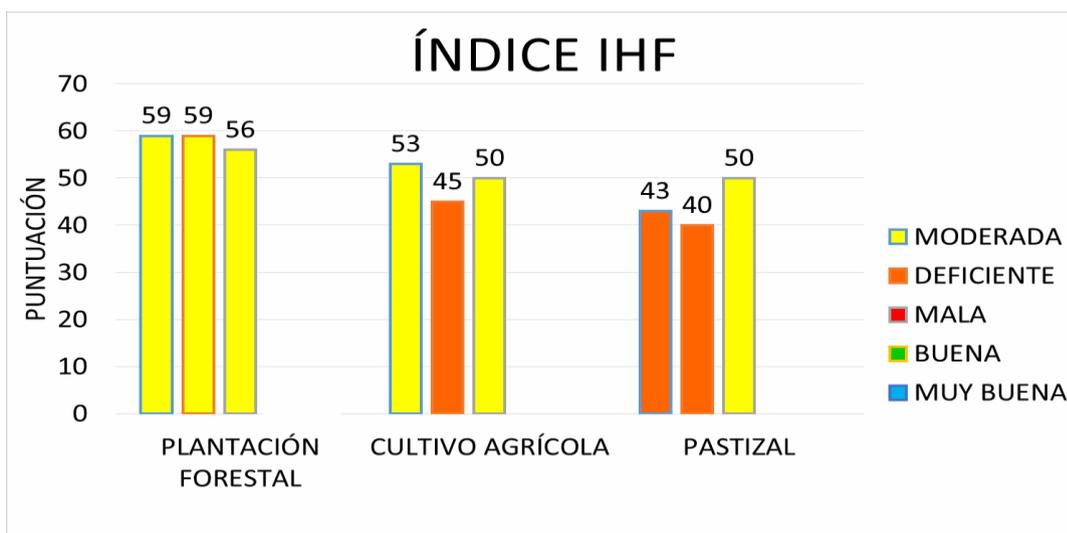


Figura 4. Aplicación del índice de hábitat fluvial en los tres usos de suelo

Fuente: Autora

La figura 4, presenta los resultados de la aplicación del índice IHF en el río Puembo Grande en los tres usos de suelos: plantación forestal en los puntos P1, P2 y P3 mostraron valores entre 59 – 56 lo que significa que se hallan en la calidad “Moderada”, el cultivo agrícola el P1 y P3 presenta valores de 53 -50 lo cual se encuentran en los rangos de calidad “Moderada”, el P2 tuvo un valor 45 se halla en el rango de calidad “Deficiente”, mientras que el uso de suelo pastizal P1 y P2 muestra valores de 43 – 40 se encuentran en un rango de calidad “Deficiente” y el P3 tuvo un valor de 50 lo que presentó una calidad “Moderada”, en el estado natural del río.

El estudio medioambiental de los arroyos del término municipal de Zumaia (Guipúzcoa) (2013), muestra resultados similares a esta investigación, el nivel medio de calidad del hábitat fluvial no superó en ningún caso la categoría de “Moderado”. Los arroyos Narbazta, Gaztelu, Mako y Andika están dentro de esta categoría con valores medios de entre 53,3 y 67 puntos sobre 100. En el caso de los arroyos Zurraia, Jadarre y Santiyo no superaron la categoría de “Deficiente” con valores entre 41,5 y 48 puntos sobre 100. El cauce con peores resultados fue el Ardantzabide con 23 puntos sobre 100, lo que muestra la alta intervención que sufre y que es de categoría “Mala” (53).

4.6. Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)

La aplicación del índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) en los tres usos de suelo: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal, para la evaluación de este índice se tomó en cuenta el grado de cubierta vegetal de las riberas, la estructura vertical de la vegetación, la calidad y la diversidad de la cubierta vegetal y el grado de naturalidad del canal fluvial. Los valores oscilaron entre un valor mínimo de 25 y un valor máximo de 100.

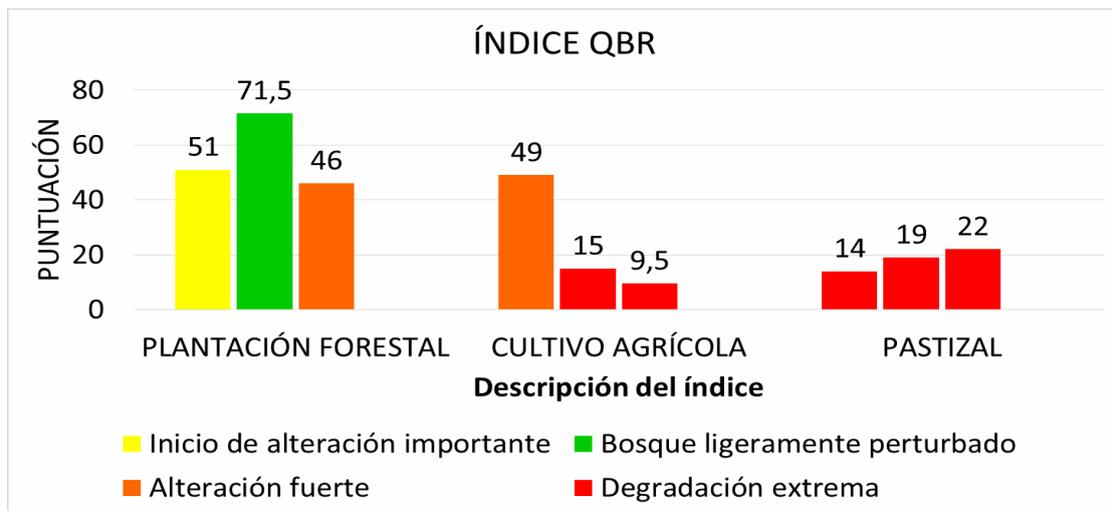


Figura 5. Aplicación del índice de calidad de bosque de ribera (QBR)

Fuente: Autora

La evaluación de la zona de riberas en el río Puembo Grande en la aplicación de este índice presentaron valores 71,5 – 9,5, donde el uso de suelo de plantación forestal en el P1 presento un valor de 51, presenta una calidad intermedia siendo el índice QBR 55 - 70, que lo evalúa como un “*Inicio de alteración importante*”, en el P2 se obtuvo una puntuación de 71,5, lo cual permanece dentro del rango de calidad “*Buena*”, siendo el índice QBR 75 - 90, que lo evalúa como un “*Bosque ligeramente perturbado*”, y el P3 tuvo un resultado de 46 es decir presenta calidad “*Mala*”, siendo el índice QBR 30 – 50 que lo evalúa como una “*alteración fuerte*”, seguido del uso de suelo cultivo agrícola donde el P1 obtuvo un valor 49 es decir presenta calidad “*Mala*”, siendo el índice QBR 30 – 50 que lo evalúa como una “*alteración fuerte*”, el P2 y P3 presentan valores de 15 - 9,5 lo que significa que presentan calidad “*Pésima*”, siendo el índice $QBR \leq 25$ que lo evalúa como una “*Degradación extrema*”, mientras que el uso de suelo pastizal muestra valores entre 22-14 hallándose dentro rango de

calidad “Pésima”, siendo el índice $QBR \leq 25$ que lo evalúa como una “Degradación extrema”, a su estado natural.

En el estudio realizado por Yong (9), en los ríos del Bosque protector Murocomba del cantón Valencia-Ecuador, evaluó el índice QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera), los resultados mostraron similitud a los obtenidos en esta investigación, la quebrada El Congo (Intervenido) presenta una “Alteración fuerte”, debido a la intervención antropogénica y la agricultura. Por otra parte, la quebrada La Victoria (Bosque Natural) no presentó alteraciones Bosque de Ribera “Sin Alteración” posiblemente debido a que dentro de la zona existe un grado de cobertura vegetal muy alto y autóctono, mientras que la quebrada la Damita (Plantaciones), registró de acuerdo al índice “Inicio De Alteración Importante”.

4.7.Relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Puumbo Grande.

4.7.1. Análisis de Correspondencia Canónica ACC

Para la evaluación del ACC se ingresó los datos de abundancia y el género de los individuos de macroinvertebrados acuáticos en relación a los parámetros físicos – químicos los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla de permutación.

Tabla 14. Relación de parámetros físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

RESULTADOS DE LA PERMUTACIÓN	
PERMUTACIONES	1000
PSEUDO F	1.6151
VALOR DE P	0.0050
ALFA	0.0500

Fuente: Autora

H₀: los datos de sitios / objetos no están linealmente relacionados con los datos de sitios / variables.

H_a: los datos de sitios / objetos están linealmente relacionados con los datos de sitios / variables.

Como el valor de p calculado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0.05$, uno debería rechazar la hipótesis nula H₀ y aceptar la hipótesis alternativa H_a. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H₀ mientras es verdadero es inferior al 0,50%.

Entonces dado a que la prueba dio como valor de p 0.005 las especies de macroinvertebrados acuáticos se encuentran linealmente relacionados con los parámetros físicos – químicos.

4.7.2. Coordenadas ACC

El mapa de análisis canónico de correspondencia permite visualizar simultáneamente los objetos (géneros de los macroinvertebrados), los sitios y las variables.

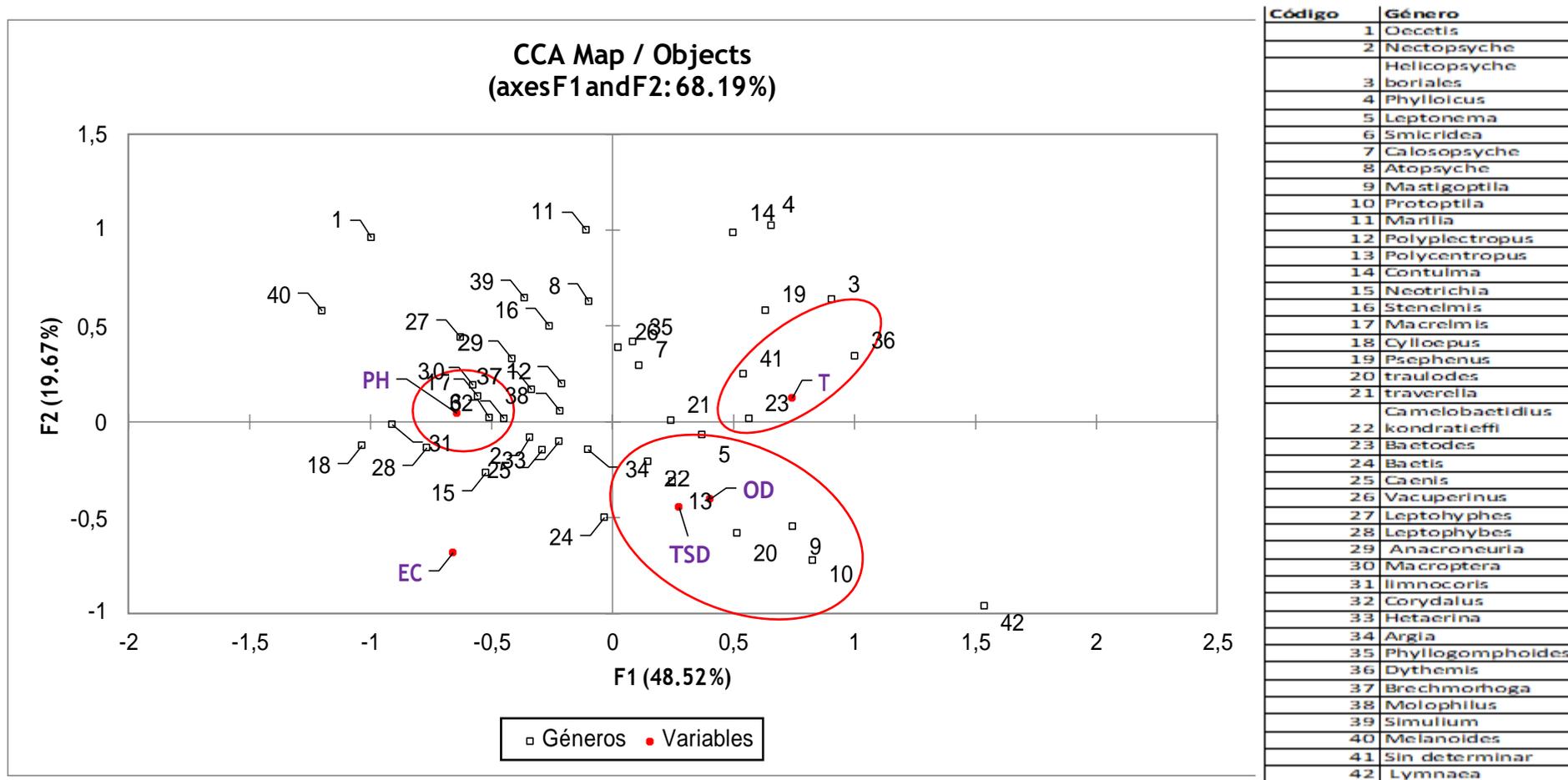


Figura 6. Coordenadas ACC

Fuente: Autora

En la figura 6, se puede visualizar que los géneros (17) *Macrelmis*, (6) *Smicridea*, (12) *Polyplectropus*, (30) *Macroptera*, (32) *Corydalus*, (37) *Brechmorhoga* y (38) *Molophilusph*, se encuentran en un pH promedio de 7,0, mientras que los géneros (21) *traverella*, (41) *Sin determinar*, (36) *Dythemis* y (23) *Baetodes*, se encuentran en temperatura (T) promedio de 25,7, el parámetro EC conductividad eléctrica promedio de 50,2, los parámetros (TDS) con un promedio 25,7 sólidos totales disueltos y (OD) oxígeno disueltos promedio de 7,6 los siguientes géneros (22) *Camelobaetidius kondratieffi*, (5) *Leptonema*, (23) *Baetodes*, (20) *thraulodes*, (9) *Mastigoptila*, (10) *Protoptila*, todos estos géneros se encuentran adaptados en este medio (río Puembo Grande), para poder desarrollarse; los géneros que se encuentran apartados de los parámetros es porque están en condiciones propicias para desarrollarse o reproducirse.

En relación con este estudio se puede determinar que hay algunas similitudes por las familias encontradas en el estudio de Carvacho (50), realizado en los ríos de la cuenca del Limari en Chile sobre comunidades de macroinvertebrados bentónicos y un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos, se aplicó el análisis canónico de correspondencias para relacionar las variables ambientales y los macroinvertebrados bentónicos dando como resultado un 84,5% de la varianza total, las especies con mayor relación a los parámetros pH, T°, EC, OD y al (IHF) son las familias Elmidae, Glossosomatidae, Hydrobiosidae y Leptophlebiidae, registradas únicamente en las localidades ubicadas por sobre los 450 metros de altitud. Estas tres familias Chironomidae, Hydropsychidae y Baetidae, fueron registradas en todos los sitios de muestreo de la cuenca.

4.8. Evaluar el efecto del uso del suelo, sobre la calidad del agua en el río Puembo Grande, mediante la aplicación del Índice BMWP-CR

En la figura 7, muestra los resultados alcanzados de la aplicación del índice BMWP-Cr del río Puembo Grande en los tres usos de suelo: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal, durante los tres meses de monitoreo.

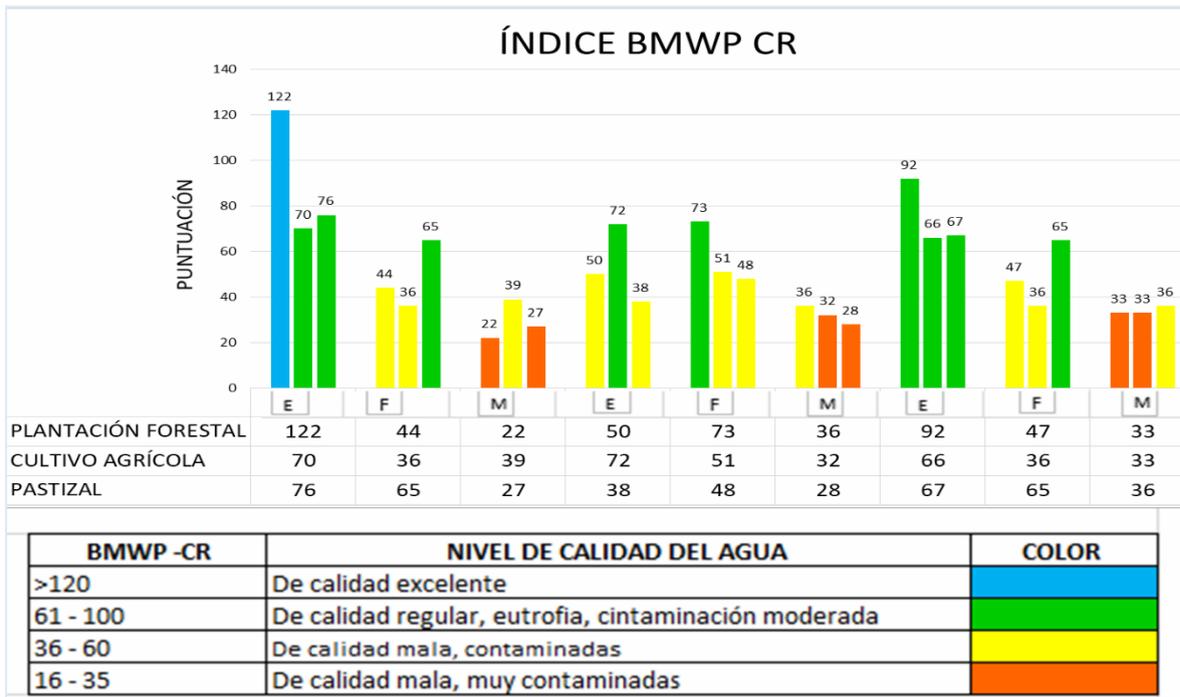


Figura 7. Aplicación del Índice biológico BMWP-Cr por mes de monitoreo del río Puenbo Grande en los tres usos de suelo: plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal, en el cantón Pujilí.

Fuente: Autora

El índice biológico BMWP de Costa Rica, permitió evaluar los usos de suelo: Plantación forestal en la M1 en el mes de enero presentó un valor de 122, lo que corresponde a una calidad “*excelente*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 44, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 22 dando una calidad “*mala, muy contaminada*”, en la M2 en el mes de enero presentó un valor de 50, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 73, lo que corresponde a una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 36 dando una calidad “*mala, contaminada*”, en la M3 en el mes de enero presentó un valor de 92, lo que corresponde a una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 47, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 33 dando una calidad “*mala, muy contaminada*”.

En el uso de suelo de cultivo agrícola en la M1 en enero obtuvo un valor de 70, lo que corresponde a una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 36 y en el mes de marzo presentó un valor de 39, dando una calidad “*mala, contaminada*”, en la M2 en el mes de enero presentó un valor de 72, lo que corresponde a una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, en el mes de

febrero tuvo un valor de 51, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 32 dando una calidad “*mala, muy contaminada*”, en la M3 en el mes de enero presento un valor de 66, lo que corresponde a una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 36, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminadas*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 33 dando una calidad “*mala, muy contaminada*”.

El uso de suelo pastizal en la M1 en el mes de enero presentó un valor de 76 y mes de febrero tuvo un valor de 75, lo que corresponde a que estos dos meses tienen una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 27, dando una calidad “*mala, muy contaminada*”, en la M2 en el mes de enero presentó un valor de 38, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, en el mes de febrero tuvo un valor de 48, lo que corresponde a una calidad “*mala, contaminada*”, y en el mes de marzo presento un valor de 28 dando una calidad “*mala, muy contaminadas*”, en la M3 en el mes de enero presentó un valor de 67 y en el mes de febrero tuvo un valor de 65, dando una calidad “*regular, eutrofia, contaminación moderada*”, y en el mes de marzo presentó un valor de 36 dando una calidad “*mala, contaminada*”.

Los resultados más representativos en cada uso de suelo es: en plantación forestal en la M1 en enero con 122, dando como calidad “*excelente*”, en cultivo agrícola en la M2 en enero con 72 presentando calidad del agua “*regular, eutrofizadas y contaminación moderada*” y en pastizal M1 en enero con 70, dando como resultado una calidad “*regular, eutrofizadas y contaminación moderada*”.

Algo similar fue reportado por la Autora Guerrero (42), en su estudio realizado en la microcuenca “El Sapanal”, en el cantón Pangua-Ecuador, se aplicó el índice BMWP-Cr, para determinar la calidad del agua influenciada por tres usos de suelo; los resultados que el uso del suelo por bosque secundario tiene un valor de 135, es decir posee aguas de calidad “*excelente*”, mientras que el uso de suelo por actividades agrícola un valor de 61,5 y pastizal un valor de 69,1 lo cual presentaron aguas de calidad “*regular*”, *eutrofizadas y contaminación moderada*”.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En base a los resultados de la recolección e identificación de macroinvertebrados acuáticos en cada uso de suelo, se alcanzó un total de 1404 individuos, los cuales están representados en 11 órdenes, 31 familias y 42 géneros.
- De acuerdo con la identificación taxonómica a nivel de orden, familia y géneros de macroinvertebrados acuáticos se determinó que las familias y géneros más abundantes en función a los diferentes usos de suelo, el orden (Hemiptera) familia (naucoridae) de género (*limnocoris*) presento mayor número de individuos con (143), el orden (Ephemeroptera) de familia (Baetidae) género (*baetodes*) se encontró (131) individuos; Los órdenes, familias y géneros de macroinvertebrados menos predominantes en la zona de estudio son: Trichoptera familia leptoceridae género (*Oecetis*) y el orden Odonata familia Libellulidae (*dythemis*) con una valoración de (1).
- Los índices de diversidad aplicados en este proyecto de investigación en función a los tres usos de suelo (plantación forestal, cultivo agrícola y pastizal) determinó a Simpson, Shannon y Margalef, donde se obtuvo valores de la dominancia, riqueza y distribución de los macroinvertebrados, dando como resultados que existen diferencias significativas en cada uno de los sitios evaluados; el índice Simpson evaluó el sitio Río Puembo Grande, dando como resultado que existe mayor dominancia del orden Ephemeroptera, con un valor de 641 individuos, el índice Shannon en los tres usos de suelo se ubican entre 1,60 y 2,80 lo que significa que los valores son menores a 3, clasificándose como de moderada biodiversidad y Margalef en los tres usos de suelo, los valores se ubican entre 2,1 y 4,5, por lo que de acuerdo a su teoría se tiene una moderada biodiversidad, mientras tanto Jaccard muestra que el uso de suelo cultivo agrícola y pastizal tienen mayor correlación, es decir hay presencia de mayor abundancia de diversidad, mientras que la plantación forestal tiene menor correlación y abundancia de diversidad. Sin embargo todos tienen coeficientes adecuados de 0,8.

- Según los resultados obtenidos en los índices IHF y QBR se concluye, que la hipótesis se cumple ya que las continuas actividades antropogénicas que se realizan en las riberas del río Pumbo Grande afectan negativamente la calidad del agua.
- El río Pumbo Grande, presentó los resultados de la aplicación del índice IHF en los tres usos de suelos: plantación forestal en los puntos P1, P2 y P3 mostraron valores entre 59 – 56 lo que significa que se hallan en la calidad “*Moderada*”, el cultivo agrícola el P1 y P3 presenta valores de 53 -50 lo cual se encuentran en los rangos de calidad “*Moderada*”, el P2 tuvo un valor 45 se halla en el rango de calidad “*Deficiente*”, mientras que el uso de suelo pastizal P1 y P2 muestra valores de 43 – 40 se encuentran en un rango de calidad “*Deficiente*” y el P3 tuvo un valor de 50 lo que presenta una calidad “*Moderada*”, en el estado natural del río.
- El Análisis de Correspondencia Canónica ACC en relación de las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentes en el río Pumbo Grande, determinó que los géneros (17) *Macrelmis*, (6) *Smicridea*, (12) *Polyplectropus*, (30) *Macroptera*, (32) *Corydalis*, (37) *Brechmorhoga* y (38) *Molophilus* se encuentran en un pH promedio de 7,0, mientras que los géneros (21) *traverella*, (41) *Sin determinar*, (36) *Dythemis* y (23) *Baetodes* se encuentran en temperatura (T) promedio de 25,7, el parámetro EC conductividad eléctrica promedio de 50,2, los parámetros (TDS) con un promedio 25,7 sólidos totales disueltos y (OD) oxígeno disueltos promedio de 7,6 los siguientes géneros (22) *Camelobaetidius kondratieffi*, (5) *Leptonema*, (23) *Baetodes*, (20) *thraulodes*, (9) *Mastigoptila*, (10) *Protoptila*, todos estos géneros se encuentran adaptados en este medio (río Pumbo Grande), para poder desarrollarse.
- Mediante la aplicación el índice BMWP- Cr determinó que el río Pumbo Grande en función a los tres usos de suelo se obtuvo que en plantación forestal en la M1 en enero con 122, dando como calidad “excelente”, en cultivo agrícola en la M2 en enero con 72 y en pastizal M1 en enero con 70, dando como resultado una calidad “regular, eutrofizadas y contaminación moderada”; los que significa que estos usos de suelos se ven intervenidos por actividades antropogénicas.

5.2. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda:

- Seguir desarrollando investigaciones con la técnica de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos, ya que estos especímenes nos permiten evaluar los procesos y cambios antropogénicos que ha venido sufriendo el ecosistema acuático del río Puenbo Grande.
- El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pujilí debe implementar una ordenanza de cuencas y microcuencas donde regule como zonas intangibles las riberas de los esteros, ríos y así no se ocasione impactos negativos a la flora ribereña y a la fauna acuática.
- Que el Gobierno Parroquial El Tingo del cantón Pujilí elabore un plan de manejo donde se desarrollen actividades, programas (temas de conservación de las fuentes hídricas, uso sustentable del suelo y reforestación), para mitigar las malas prácticas agrícolas, ganaderas, lo cual; permita conservar la calidad del agua.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Blanca R, Rieradevall M. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. 2009;28(1):35–64.
2. Ladrera R, Rieradevall M, Prat N. Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. Rev Didáctica 11 [Internet]. 2013;(2013):19. Available from: http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
3. Encalada A, Ph D. Colegio de Postgrados María Verónica Ordóñez Arízaga María Verónica Ordóñez Arízaga. 2011;
4. Robledo J, Vanegas Chacón EA, García Álvarez N. Calidad del agua del río Túnico como respuesta al uso del suelo. (Spanish). Water Qual Tunico River response to L use [Internet]. 2014;23(3):41–5. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=99528930&lang=es&site=ehost-live>
5. Argüello RS, Cornejo A, Boyero L, Santos A. Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Capira, Panamá. Tecnociencia. 2010;12(57–70):14.
6. Roy A, Homechaudhuri S. Comparing diversity of freshwater macroinvertebrate community along habitat gradients within a riverine system in North Bengal , India. 2017;5(4):86–93.
7. Carlos J, Londoño J, Las EDE, Macroinvertebrados CDE, En A, Área EL, et al. Area Del Embalse Porce Ii Y Su. 2006;5:45–58.
8. Barba L, Edith L. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Univ del Val [Internet]. 2002;48. Available from: /citations?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fq%3Dbarba%26hl%3Des%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1%26scioq%3Dalarcon&citilm=1&citation_for_view=_h03bGoAAAAJ:Zph67rFs4hoC&hl=es&oi=p
9. Yong R. “Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en ríos del Bosque Protector Murocomba, Cantón Valencia, Ecuador.” 2015;1:120.
10. Gómez J. Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa. Tesis Univ Manizales, Caldas, Colomb. 2014;XXXIII(2):81–7.
11. Rolando F, Veloza M. Universidad nacional de colombia “. 2012;

12. 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. 2017.
13. Quiroz, Beatriz; Reyes, Ana; Rivas A. Determinación de calidad de agua de consumo en pozos abastecedores del Municipio de Chichigalpa, , Julio -Diciembre - 2013. 2013;116.
14. Romero FI, Cozano MA, Gangas RA, Naulin PI. Zonas ribereñas: protección , restauración y contexto legal en Chile. 2014;35(1):3–12.
15. Albarracin S. //los bosques de ribera//. 2014;1–5.
16. Dpto ER, Dpto SA, Fecha PS, Direcci A, Fecha SG. Tabla de Contenido: 2009;1–27. Available from: <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Colegio-Gregorio-José-Ramírez-Castro-GLOBE-2013.pdf>
17. Carrera, C, y Fierro K. Manual de monitoreo de calidad del agua. 2008;2:65–233.
18. Rioja L. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. 2012;24–9.
19. López-Rodríguez JMT de F& MJ. Orden Plecoptera. 2015;43:1–14.
20. E, Domínguez & H F. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. 2009.
21. Roldán-Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev La Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas Y Nat. 2016;40(155):254–74.
22. Springer M. Trichoptera. 2010. 50 p.
23. Orden Diptera. 2012;1:1–5.
24. Paul Hanson, Monika Springer & AR. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. 2010;58:38.
25. Estimación de la diversidad específica. 2011;1–12.
26. Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad. 2001;
27. Jhosmar UOL. Determinación de índices de diversidad florística arborea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de saca. 2009;
28. Springer M. Capítulo 3: Biomonitorio acuático. 2014;(August):59.

29. Munne. Protocolo 7: Índice De Calidad Del Bosque De Ribera (Qbr). 2003;84–96.
30. Palma A, Figueroa R, Ruiz VH. Evaluacion De Ribera Y Habitat Fluvial a Traves De Los Indices Qbr E Ihf. *Gayana (Concepción)*. 2009;73(1):57–63.
31. Marcelo S, Zamorano R. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007;
32. Breu F, S. Guggenbichler, Jc. Wollmann. Análisis de aguas. *Vasa [Internet]*. 2008;46. Available from: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
33. Aznar Jiménez A. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambient [Internet]*. 2000;2(23):12–9. Available from: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
34. Fuentes F, Massol-Deyá A. Parametros Fisico-Quimicos: Temperatura. Pt [Internet]. 2002;3:1–15. Available from: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf>
35. Agua EL, Propiedades Y SUS. El agua y sus propiedades: una molécula fuera de lo común.
36. Murillo SCG. “Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en los cauces de los ríos: Congo, La Victoria y Toachi chico del bosque protector Murocomba del cantón Valencia, Los Ríos.” 2015;
37. Adamn sigler JB. Alcalinidad , pH , y Sólidos Disueltos Totales. :8.
38. Alberto C, Sierra S, Enrique M, Bertel C. BÁSICOS EN AGUAS Marlon Enrique Castillo Bertel.
39. Adekunle, Adebayo S. and Eliona ITK, Al-janabi ZZ, Altansukh O, Carr GM, Rickwood CJ, Edwin AI, et al. Impact Of Industrial Effluents On Quality Of Segment Of Asa River Within An Industrial Estate In Ilorin, Nigeria. *Int J Innov Res Sci Eng Technol [Internet]*. 2013;1(3):285–93. Available from: http://www.ijirset.com/upload/2014/august/38_CCME.pdf
40. Varios. Conductividad eléctrica. *Quimica [Internet]*. 2014;1–10. Available from: www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf
41. Lin SD. WATER AND WASTEWATER CALCULATIONS MANUAL. Second. 2001. 961 p.
42. Norma Guerrero, Mariela Díaz, Juan Urdanigo, Cecilia Tayhing, Veronica Guerrero ÁY. Uso

- de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador. 2017;5:1–11.
43. Palma E. “Los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua, durante la época seca en los ríos Yanayacu, Churuyacu y Guasaganda grande” parroquia Guasaganda cantón La Maná provincia de Cotopaxi, año 2016”.
 44. L., Fernández; J., Rau; A. A. Quality of the riparian vegetation of the maullin river (41° 28' s; 72° 59' w) using qbr index. 2009;9.
 45. Molina CI, Pinto J. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. 2008;7.
 46. Arroyo JC. Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. 2007;
 47. Guinard JDC, Vega JAB. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché , provincia de Charquí, Panamá. 2013;16(2):61–70.
 48. Gobierno autónomo descentralizado (GAD). Gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón La Maná. 2011;(966):1–188. Available from: http://www.arajuno.gob.ec/arajuno/images/ADMINISTRACION2009-2014/PDyOT/PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL_ARAJUNO.pdf
 49. Valdés V. Índice de margalef. 1967;
 50. Carvacho C. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. 2012;70.
 51. Silva Haun R, Arancibia Fortes J. Utilización de los índices de hábitat fluvial, bosque de ribera y macrófitas para la determinación de calidad del recurso hídrico del estero Catapilco, región de Valparaíso. An Mus Hist Nat Valparaiso [Internet]. 2015;28:09–30. Available from: http://www.mhnv.cl/636/articles-56751_archivo_01.pdf
 52. Vieira-Laneros R, Servia MJ, Barca S, Couton MT, Rivas S, Sánchez J, et al. Índices de calidad de la vegetación de ribera y del hábitat fluvial en los afluentes de la margen española del Baixo Miño. V Simpósio Ibérico Sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho. 2010;79–88.

53. Saiz Rojo, A.1, de la Parra Peral, B. 1, Olaizaola Suárez, J.2 CBJ. 6° Congreso Forestal Español. 2013. p. 1–19.
54. Auquilla RC. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal , Costa Rica. 2005;139.
55. Tafur CM, Revilla MH, Ruiz WP, Aguilar RG, Guzmán IA. El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. Sciéndo [Internet]. 2013;13(2). Available from: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/280>
56. Diario, Gaceta L. Diario Oficial La Gaceta N. 178, lunes 17 de setiembre 2007. 2007; Available from: [https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento evaluaci3n y clasificaci3n de calidad de cuerpos de agua superficiales.pdf](https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20evaluaci3n%20y%20clasificaci3n%20de%20calidad%20de%20cuerpos%20de%20agua%20superficiales.pdf)
57. M, Toledo & B, Mendoza. Estudio de calidad de agua utilizando bio-indicadores, january 2017. <https://www.researchgate.net/publication/312192044>.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Recolección e identificación de los macroinvertebrados en el río Pumbo Grande.

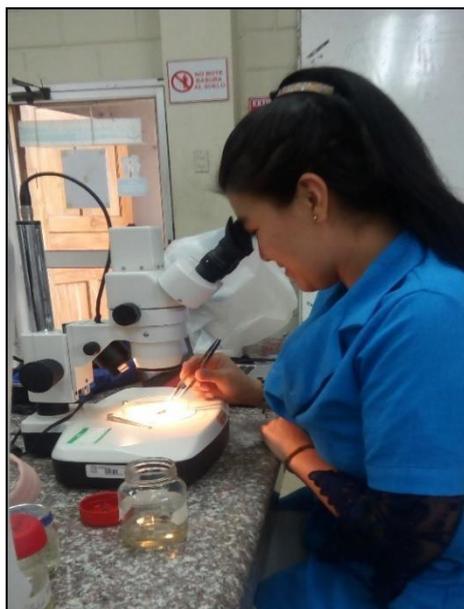
7.1. Recolección e identificación de los macroinvertebrados en el río Pumbo Grande



Recolección de macroinvertebrados acuáticos



Muestras recolectadas y etiquetadas de macroinvertebrados acuáticos



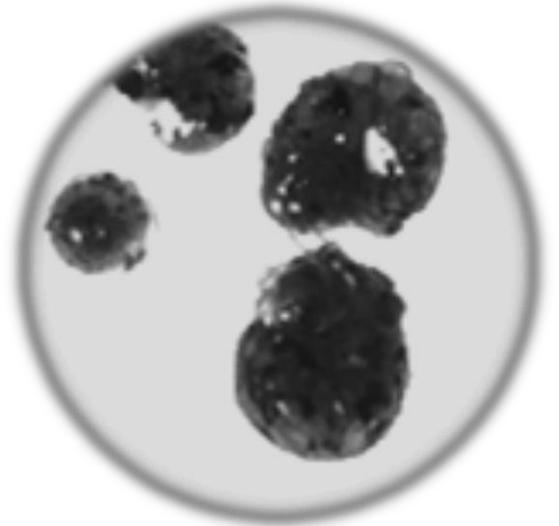
Identificación de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Pumbo Grande

Anexo 2. Macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Puembo Grande

7.2. Macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Puembo Grande



Orden: Hemiptera
Familia: Naucoridae
Género: Macroptera
Fuente: Autora



Orden: Trichoptera
Familia: Helicopsychidae
Género: Helicopsyche boreiales
Fuente: Autora



Orden: Megaloptera
Familia: Corydalidae
Género: Corydalis
Fuente: Autora



Orden: Diptera
Familia: Tipulidae
Género: Molophilus
Fuente: Autora



Orden: Odonata
Familia: Calopterygidae
Género: Hetaerina
Fuente: Autora



Orden: Odonata
Familia: Coenagrionidae
Género: Argia
Fuente: Autora



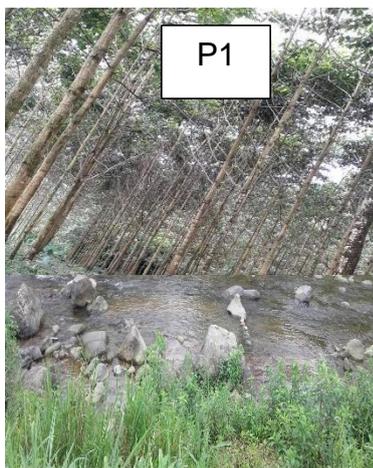
Orden: Plecoptera
Familia: Perlidae
Género: Anacroneria
Fuente: Autora



Orden: Trichoptera
Familia: Calamoceratidae
Género: Phylloicus
Fuente: Autora

Anexo 3. Fotografías de los puntos de muestreo según sus usos de suelo en el río Pumbo Grande.

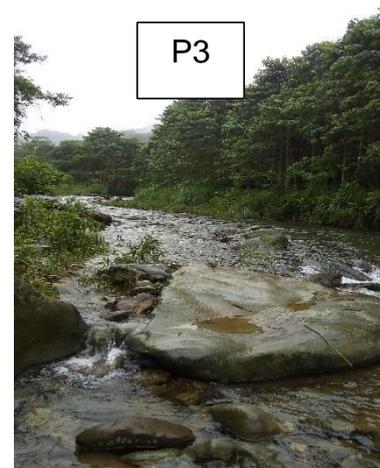
7.3. Fotografías de los puntos de muestreo según sus usos de suelo en el río Pumbo Grande.



P1



P2



P3

Río Pumbo Grande, uso de suelo Plantación forestal



P1



P2



P3

Río Pumbo Grande, usos de suelos Cultivo Agrícola



Río Pumbo Grande, usos de suelos Pastizal

Anexo 4. Valoración de las familias de macroinvertebrados acuáticos para evaluar el índice BMWP- Cr.

7.4. Valoración de las familias de macroinvertebrados acuáticos para evaluar el índice BMWP- Cr.

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

Nota: D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

Fuente: (56).

Anexo 5. Datos de abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en relación con los parámetros físicos – químicos (los N° son géneros).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	PH	EC	TSD	T	OD	
PLANTACIÓN FORESTAL	0	2	0	0	10	27	2	0	1	0	0	1	0	0	0	4	10	3	3	0	0	17	0	0	11	0	3	2	3	4	7	1	0	0	0	0	2	2	3	0	4	0	7,2	59,0	16,7	24,3	7,6	
PLANTACIÓN FORESTAL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	20	5	8	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7,0	54,7	26,7	24,9	8,5	
PLANTACIÓN FORESTAL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	5	0	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	6,8	51,0	30,7	27,2	6,6	
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	3	0	3	0	8	12	0	0	3	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	6,7	55,0	22,0	23,1	7,9		
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	3	1	8	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21	5	0	5	6	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	0	6,8	34,0	21,3	27,5	7,4		
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	1	1	4	0	0	4	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	4	0	5	7	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6,8	34,7	34,0	25,4	7,1		
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	2	5	0	0	2	5	5	0	0	3	2	0	50	0	1	2	0	0	1	0	0	1	2	0	7,8	65,7	17,7	22,9	7,8	
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	6	0	7	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	7,3	55,3	20,7	25,0	8,2		
PLANTACIÓN FORESTAL	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	7	4	4	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	7,5	46,7	31,0	26,2	7,5		
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	3	0	7	3	5	0	0	16	3	1	7	2	1	3	0	0	3	0	1	0	3	0	7,1	57,7	26,3	23,1	7,7		
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	7	5	0	5	0	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	2	0	0	0	3	0	6,5	53,3	22,7	26,0	8,1	
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	3	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	6,8	47,0	36,3	26,2	7,4
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	0	6	0	4	1	0	0	3	0	0	0	0	1	4	3	3	1	0	3	7	12	0	1	12	0	0	5	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	7	70,7	33,0	25,9	6,4	
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	6	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	14	0	2	2	15	3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	76,0	35,3	25,6	8,0	
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	1	2	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6,8	46,0	47,7	26,8	7,6	
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	1	6	8	4	0	4	1	1	7	1	3	2	2	0	0	1	6	0	0	7,2	43,3	21,7	27,0	6,9		
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	0	5	3	4	1	3	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	7,0	37,0	25,7	25,5	8,2	
CULTIVO AGRÍCOLA	0	0	0	1	5	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	3	0	0	4	3	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	7,7	31,0	25,0	25,4	7,8	
PASTIZAL	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	5	3	3	8	5	7	6	2	2	1	14	2	1	0	0	0	3	0	0	0	2	0	6,9	65,3	22,3	23,8	7,8	
PASTIZAL	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26	3	0	0	14	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	10	0	6,4	31,7	13,7	26,1	8,1	
PASTIZAL	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	1	0	0	6	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	6,8	44,3	23,3	28,2	6,7	
PASTIZAL	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	3	0	6	2	0	1	0	0	0	0	3	0	13	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	6,7	49,7	24,7	24,5	7,3		
PASTIZAL	0	0	1	0	5	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	2	4	10	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	6,4	56,0	28,7	27,0	8,2	
PASTIZAL	0	0	0	0	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	4	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	6,9	49,3	26,7	26,8	7,4
PASTIZAL	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	12	0	0	13	0	0	1	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	55,7	14,3	25,8	6,9		
PASTIZAL	0	0	0	0	6	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	15	0	0	12	5	7	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	6,9	46,3	22,3	27,4	8,4	
PASTIZAL	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	9	0	6	4	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7,1	39,0	24,3	27,3	7,5	

Fuente: Autora

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS RÍO PUEMBO_GRANDE.docx (D37017572)
Submitted: 3/27/2018 9:01:00 PM
Submitted By: estefanialcaj.cepeda@uteq.edu.ec
Significance: 8 %

Sources included in the report:

BarraganJhon 25-03-18okk.docx (D37016340)
ORIGINAL TESIS.odt (D36929094)
tesis resultdos FINAL.docx (D36932757)
PillasaguaJonathan tesis.docx (D37001471)
Tesis Ronny.docx (D14221266)
Proyecto de tesis Ronny Yong.docx (D11337221)
TESIS PABLO VOZMEDIANO.doc (D14122047)
J.SALTOS FINAL.docx (D23315845)
<http://www.ianas.org/docs/books/wbp12.pdf>
http://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
<http://www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf>
http://www.mhmv.cl/636/articles-56751_archivo_01.pdf
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/280>

Instances where selected sources appear: