DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

"Evaluar la contaminación del agua por el uso del suelo en actividades agropecuarias a través de macro invertebrados y parámetros físicos-químicos en cuatro riachuelos, como base para la Gestión de Recursos Hídricos en el cantón San Fernando"

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE "MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL"

Autores: Ing. Manuel Guallpa Sánchez.

Ing. Patricia Villa Pasato.

Director: Magister. Estefanía Cevallos Rodríguez.

CUENCA, ECUADOR

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo dedicamos a Dios y a nuestros Padres por darnos la vida y ser el pilar fundamental de nuestros pasos para cumplir nuestros objetivos de vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera especial a la directora de Tesis Blga. Estefanía Cevallos Ms., también a los miembros del tribunal, a nuestros compañeros que con su apoyo incondicional nos ha permitido desarrollar el presente trabajo de grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA……..……I

DEDICATORIA …… II

AGRADECIMIENTO ……..III

ÍNDICE DE CONTENIDO……IV

ÍNDICE DE GRÁFICOS ……VI

ÍNDICE DE TABLAS ……VII

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS ……..VIII

ÍNDICE DE MAPAS ……..IX

ÍNDICE DE ANEXOS……..X

RESUMEN……XI

ABSTRACT……..XII

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS..... 2

CAPÍTULO I..... 3

1.1. MATERIALES Y MÉTODOS..... 3

1.1.1 Área de estudio..... 3

1.1.2 Trabajo de campo y laboratorio 4

1.1.3 Análisis de calidad de agua de los sitios de estudio..... 7

1.1.4. Análisis de variables biológicas de calidad de agua..... 9

1.1.5 Análisis estadístico..... 10

CAPITULO II..... 11

2.1 RESULTADOS 11

2.1.1 Resultados de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua 11

2.1.2 Resultados de la colecta de Macroinvertebrados en los 8 sitios de estudio..... 11

2.1.3 Análisis de calidad de agua de los sitios de estudio (índice WQI) 12

2.1.4 Análisis comparativo con los criterios de calidad de agua de los sitios de estudio según el TULSMA..... 13

2.1.5 Resultados de la valoración de calidad de Hábitat Fluvial (índice IHF) en los sitios de muestreo..... 13

2.1.6 Resultados de la valoración de calidad de Hábitat del Bosque de Ribera (índice QBR) en los sitios de estudio 14

2.1.7 Resultados de las variables biológicas de calidad de agua 14

2.1.8 Resultados de los Análisis del índice de Diversidad de Shannon-Wiener 17

2.1.9 Análisis de calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) de los sitios de muestreo. 17

2.1.10 Análisis estadístico multivariado 18

CAPÍTULO III 20

3.1 DISCUSIÓN 20

4. CONCLUSIONES 22

5. RECOMENDACIONES 23

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 24

7. ÍNDICE DE ANEXOS 26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados del índice WQI, riachuelos estudiados. 12
Gráfico 2. Resultados de riqueza de familias de macroinvertebrados en los sitios de estudio. 14
Gráfico 3. Resultados de las curvas rango-abundancia de macroinvertebrados..... 15
Gráfico 4. Resultados de abundancia general de macroinvertebrados en los sitios de muestreo. 16
Gráfico 5. Familias dominantes de los cuatro riachuelos en estudio en el Cantón San Fernando..... 16
Gráfico 6. Análisis ETP de los sitios de estudio. 17
Gráfico 7. Resultados del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener de los sitios de estudio..... 17
Gráfico 8. Análisis de calidad de agua mediante el índice ABI. 18
Gráfico 9. Análisis multivariado de componentes principales. 18
Gráfico 10. Análisis de modelo de ordenación CART con dos categorías. 19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sitios de Muestreo. 3
Tabla 2. Escalas de clasificación del WQI. 7
Tabla 3. Valores de índice IHF, se distribuyen en cinco rangos de calidad. 8
Tabla 4. Valores de índice QBR. 8
Tabla 5. Parámetros calificación del ETP 9
Tabla 6. Valores de índice Shannon – Wiener. 9
Tabla 7. Rangos de calidad del Índice ABI. 10
Tabla 8. Resultados de los análisis físicos y químicos de las 8 muestras de agua de los sitios de estudio. 11
Tabla 9. Macroinvertebrados registrados en los sitios de estudio. 12
Tabla 10. Comparación de los resultados de parámetros de calidad de agua con los límites máximos permisibles del TULSMA 13
Tabla 11. Valores de índice IHF de los sitios de muestreo. 13
Tabla 12. Valores de índice QBR de los sitios de muestreo. 14

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Medición de los parámetros in situ. 5
Fotografía 2. Conservación de muestras de agua 5
Fotografía 3. Toma de muestras macroinvertebrados, sitio 2, Cotacachi con Intervención. 6
Fotografía 4. Identificación de macroinvertebrados, sitio 2, Zhullín con intervención. 6
Fotografía 5. Matriz IHF y QBR utilizada en Zhullín. 8

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo. 4

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de índice ABI de los sitios de muestreo. 26
Anexo 2. Análisis de riqueza de los sitios muestreo. 26
Anexo 3. Análisis índice Shannon. 26
Anexo 4. Análisis de índice WQI. 26
Anexo 5. Macroinvertebrados encontrados en los sitios de monitoreo. 27
Anexo 6. Tabla resumen de los resultados parámetros químicos. 27
Anexo 7. Análisis WQI, Sitio A sin Intervención. 28
Anexo 8. Análisis WQI, Sitio A con Intervención. 29
Anexo 9. Análisis WQI, Sitio B sin Intervención. 30
Anexo 10. Análisis WQI, Sitio B con Intervención. 31
Anexo 11. Análisis WQI, Sitio C sin Intervención. 32
Anexo 12. Análisis WQI, Sitio C sin Intervención. 33
Anexo 13. Análisis WQI, Sitio D sin Intervención. 34
Anexo 14. Análisis WQI, Sitio D sin Intervención. 35
Anexo 15. Registro de profundidad y caudales de los sitios de monitoreo. 36

RESUMEN

Se evaluó el nivel de afección de ecosistemas acuáticos a través de macro-invertebrados y parámetros fisicoquímicos de cuatro riachuelos en San Fernando donde existen actividades antrópicas que afectan, se utilizó una red de mano para recolectar los macro-invertebrados, su identificación en el laboratorio llegó hasta el nivel familia, se recolecto muestras de agua para determinar parámetros físicos in situ y químicos.

Se analizaron los índices Biótico y hábitat; WQI, ABI, QBR, IHF, WQI, encontrando aguas de calidad buena, los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad del Azuay y comparado con la normativa legal tenemos aguas permisibles.

PALABRAS CLAVE

Macro-invertebrados. Índice Biótico Andino. Diversidad. Parámetros físicos-químicos. Hábitat.

ABSTRACT

The level of damage of aquatic ecosystems was evaluated through macroinvertebrates and physicochemical parameters of four streams in San Fernando, where anthropic activities that affected them existed. A hand net was used to collect the macroinvertebrates. Their identification in the laboratory reached the family level and water samples were collected to determine chemical and physical parameters in situ. The biotic, habitat, WQI, ABI, QBR, IHF and WQI indexes were analyzed. The chemical analyzes were carried out in the laboratory of the Universidad del Azuay where water of good quality and permissible water were found, compared with the legal regulations.

Keywords: Macroinvertebrates, Andean Biotic Index, Diversity, physical-chemical parameters, Habitat.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Ing. Paúl Arpi
Traductor
1

INTRODUCCIÓN

Según la Contitucion de la República del Ecuador 2008. Art. 14.- *"Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay".*

"Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados" (Asamblea constituyente, 2008).

Con el pasar de los años el recurso agua juega un papel de suma importancia en el desarrollo poblacional sin este recurso no existiría vida, sin embargo se ve alterado por varias razones: vertidos de aguas residuales, actividades industriales, la urbanización crianza de animales, uso de plaguicidas y nutrientes ya que estos por escorrentía llegan a las fuentes de agua y otros desperdicios sólidos urbanos estos favorecen la contaminación de los cauces de agua trayendo consigo enfermedades en todo el Ecuador (CEPAL, 2011).

En el Cantón San Fernando no existen estudios sobre la calidad de agua de los riachuelos, la actividad principal es la agricultura y ganadería, por esta razón las fuentes de agua se ven contaminadas por la aplicación de fertilizantes en los pastos, uso de abonos orgánicos como gallinaza y fertilizantes químicos nitrogenados para de esta manera mejorar la producción. Cuando las aplicaciones son en exceso a los requerimientos del cultivo produce contaminación en las fuentes hídricas, provocando crecimiento excesivo de algas y perdida de oxígeno (Baccaro, Degorgue, Lucca, & Ria, 2006) y de esta manera se produce la alteración de la macro fauna bentónica a lo largo de los causes (Figueroa, Valdovinos, Araya, & Parra, 2003), ya que hay organismos que sobreviven en aguas contaminadas mientras que otros solo sobreviven en aguas limpias. La contaminación de los riachuelos provoca perdida de la vida acuática en general y tiene implicaciones en la pérdida de la integridad ecológica (Yépez Rosado et al., 2017).

En los cuatro Riachuelos en estudio existe diferentes actividades alrededor como son: agrícolas y ganaderas, descargas de aguas de fábricas de quesos, descarga de aguas residuales de una planta de tratamiento, entre otros siendo la más predominante la ganadería intensiva.

Según la Constitución de la República del Ecuador 2008. Sección sexta: Agua, Artículos 411, 412, 413 y 414; El estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídrico, planifica, regula, controla, promoverá la eficiencia, el desarrollo, uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas (Asamblea Constituyente, 2008).

El nuevo enfoque de uso del agua, es a través de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos que permita planificar y administrar a los diferentes grupos de interés en forma sostenible y equilibrada, con énfasis en la participación y la gobernabilidad, formulando normativas que permitan tomar decisiones equitativas y sostenibles de acuerdo a los intereses sociales, económicos y ambientales del territorio (Paternship, 2009).

Por tal razón; el presente estudio tiene la finalidad de determinar la contaminación de cuatro riachuelos en estudio a través del análisis de macro-invertebrados y parámetros físicos-químicos, con esto se espera evaluar la respuesta de los indicadores biológicos y físicos-químicos ante los posibles impactos ambientales del uso del suelo por actividades antrópicas como es la agricultura y ganadería en la zona y establecer como línea base para la gestión integrada de los recursos hídricos; los resultados de la investigación servirán al GAD Municipal para incluir en la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial temas relacionados al uso y manejo sostenible del agua con una visión integral.

OBJETIVOS

- Evaluar el nivel de afección de los ecosistemas acuáticos a través de macro-invertebrados y parámetros fisicoquímicos
- Analizar los Índices de calidad del Agua de cuatro riachuelos.
- Promover una gestión integrada de los recursos hídricos del cantón San Fernando.

CAPÍTULO I

1.1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1.1 Área de estudio

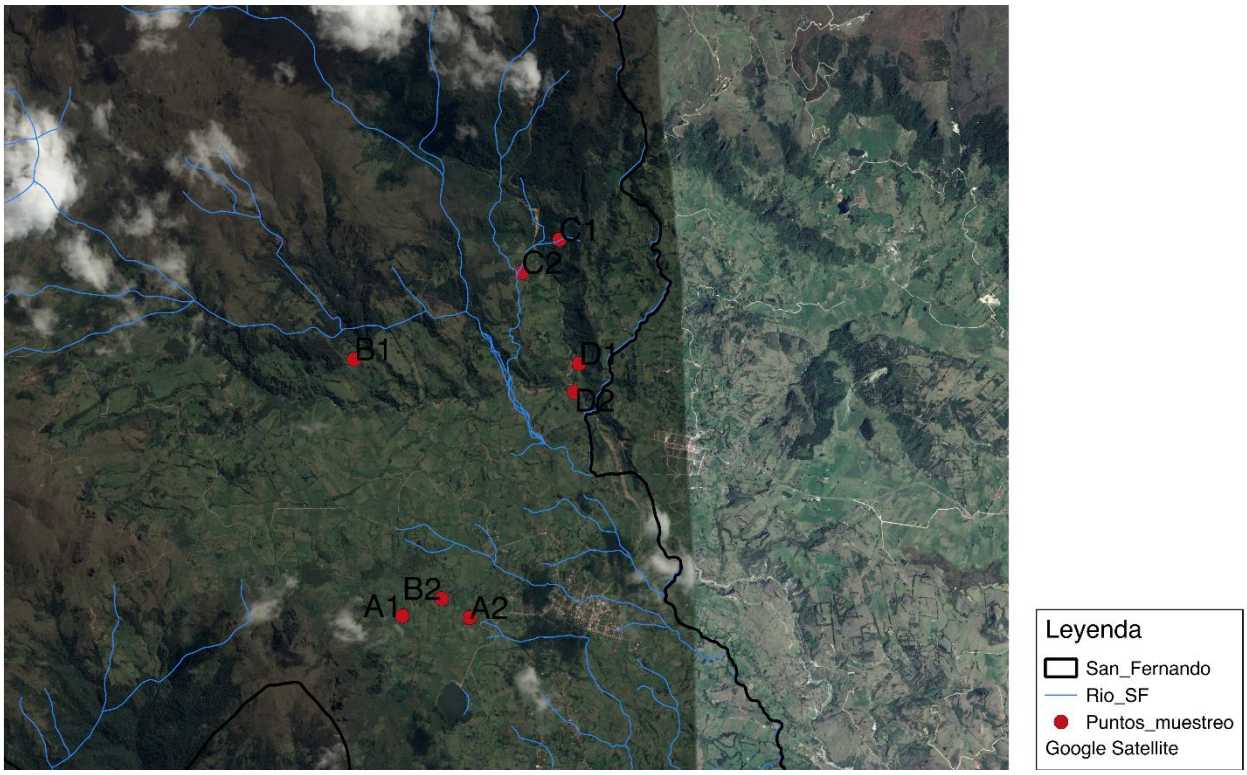
Los Riachuelos en estudio se encuentran localizados en el cantón San Fernando y la Parroquia Chumblín, a una distancia de 51 km al Sur desde la Ciudad de Cuenca, varía altitudinalmente desde los 1560ms.nm hasta los 4000ms.nm. En cuanto al clima del Cantón San Fernando, las temperaturas fluctúan entre los 2 y 20°C, con una precipitación anual promedio de 1439mm. (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón San Fernando, 2014).

A continuación, las características de los sitios de muestreo:

Tabla 1. Sitios de Muestreo.

	Sitios	Riachuelos	X	Y	m s n m	Descripción
Sin Intervención	A1	Zhullín	693389	9650362	2792	Ubicado junto a un camino vecinal, alrededor se encuentran pastizales, eucaliptos (*Eucalyptus globulus Labill*), una vivienda, a 200 metros un tanque de captacioón de agua para uso doméstico (Mapa 1).
	B1	Cotacachi	692623	9653874	2863	Esta ubicadoen el sector Mamayaco cerca de una carretera de segundo orden, predomina los pastizales como: el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), reygras (*Lolium multiflorum*), etc los que estan destinados para la ganadería a 200 m pasa una red de agua potable para el Cantón San Fernando (Mapa 1).
	C1	Cachi	695369	9655478	2890	Se encuentra ubicado en la parte alta del Recinto El Cisne de la Parroquia de Chumblín, en el sitio predomina los pastizales , chaparros, cultivos de ciclo corto, actividad de pezca, junto a la naciente se encuentra un tanque de captación de agua para el consumo humano y tambien para riego (Mapa 1)
	D1	Pogio	695634	9653816	2729	Se encuentra ubicado en el centro de la Parroquia de Chumblín, esta junto a las viviendas, cultivos de ciclo corto, huertos, pastizales y atravieza una vía de primer orden (Mapa 1)
Con Intervención	A2	Zhullín	694264	9650413	2616	Esta ubicado en el Recinto Fatima al rededor predomina los pastizales como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), reygras (*Lolium multiflorum*),los cuales se encuentran destinados para explotación ganadera intensiva en el cual existe descargas de residuos de Fabrica de quesosy de la planta de tratamiento de aguas servidas (Mapa 1).
	B2	Cotacachi	693793	9650665	2687	Esta ubicado en el recinto San Isidro junto a una via de segundo orden donde existen viviendas, en el lugar predominan los pastizales, cultivos de ciclo corto, huertos familiares, la principal actividad es la ganadería en la zona (Mapa 1).
	C2	Cachi	694866	9655038	2834	Esta ubicada en la parte baja del Recinto Cisne predominan las actividades agropecuarias, huertos hortícolas, cultivos de ciclo corto, invernaderos etc atravieza un carretero de segundo orden (Mapa 1)
	D2	Pogio	695570	9653391	2687	Esta ubicado en el Recinto Bella Vista en la zona baja de la Parroquia de Chumblín, donde existen viviendas, carretero de segundo orden, predominan los pastizales los mismos que son destinados para la ganadería (Mapa 1)

Fuente: Resultados de la investigación



Mapa 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo.
Fuente: IGM, SIG Tierras
Elaborado por: Autores

1.1.2 Trabajo de campo y laboratorio

La recolección de muestras se llevó a cabo durante la segunda semana de junio de 2018 en los cuatro Riachuelos, Sitio A (Zhullín), Sitio B (Cotacachi), Sitio C (Cachi), Sitio D (Pogio), para el muestreo se consideró dos zonas: sin intervención y la otra con intervención antrópica.

Parámetros físicos-químicos: Se tomaron 24 sub muestras de agua (12 zonas sin y 12 con intervención) en los cuatro sitios de estudio para lo cual se utilizaron frascos de plástico de 200ml; las muestras fueron etiquetadas y almacenadas en una hielera para su conservación y su posterior traslado al Laboratorio de Química de la Universidad del Azuay, los parámetros químicos medidos fueron: Cloruros, Nitritos, Nitratos, Fosfatos y Sulfatos.

Igualmente se realizó la medición de otros parámetros *in situ* como: pH, conductividad eléctrica y Sólidos disueltos totales, para lo cual se empleó un medidor de pH y conductividad portable (Hanna Instruments HI 991300), para determinar el nivel de oxígeno disuelto, se usó un Oximetro (YSI ProODO), y un correntímetro global Wáter modelo FP111 para medir el caudal de los riachuelos.

Fotografía 1. Medición de los parámetros in situ.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Fotografía 2. Conservación de muestras de agua
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Colecta de macroinvertebrados: En los sitios de muestreo se utilizó una red de mano, de 40 x 25cm, se colocó en sentido contrario de la corriente a una profundidad que oscilaba entre los 5 a 25 cm, se removió el sustrato durante 3 minutos por cada sub-muestra tratando de abarcar la mayor cantidad de hábitats (rocas, hojarasca y piedras), las muestras fueron colocadas en una bandeja plástica, se retiró las hojas, ramas y piedras y posteriormente con la ayuda de pinzas fueron separados los macroinvertebrados y colocados en frascos plásticos y conservados con alcohol al 75% (Domínguez & Fernández, 2009).

Fotografía 3. Toma de muestras macroinvertebrados, sitio 2, Cotacachi con Intervención.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Fotografía 4. Identificación de macroinvertebrados, sitio 2, Zhullín con intervención.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

La identificación de los macroinvertebrados fue realizada en el laboratorio de Limnología de la Universidad del Azuay, se colocó los macroinvertebrados en cajas Petri, para ser identificados mediante un estereomicroscopio y se utilizaron las claves taxonómicas, la identificación se hizo por orden y familia. (Posada-García, J.; Roldan-Pérez, 2003).

1.1.3 Análisis de calidad de agua de los sitios de estudio

Evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos**:** Para determinar la calidad de agua en los sitios de estudio se recurrió a los resultados de los parámetros fisicoquímicos y se usó el índice de calidad de agua Wáter Quality Index (WQI), según el National Sanitation Fundation-USA (ver tabla 2) (SNET, 2016).

Cinco parámetros fueron utilizados; oxígeno disuelto (mg/l), nitratos (mg/l), fosfatos totales (mg/l), sólidos totales (mg/l) y pH

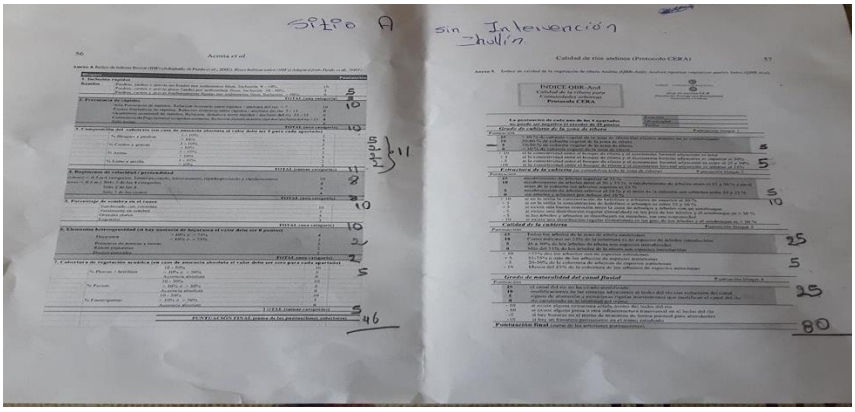
En la Tabla 2 se puede observar la interpretación de la calidad de agua según el índice WQI

Tabla 2. Escalas de clasificación del WQI.

Wáter Quality Index.	**Calidad**
90 – 100	Excelente
70 – 90	Bueno
50 – 70	Medio
25 – 50	Malo
0 – 25	Muy malo

Normativa de referencia: Posteriormente se comparó los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos de las muestras con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces como son: Normativa Ambiental Ecuatoriana, Libro VI Anexo I Tabla 2 de la **Norma de Calidad del Recurso Agua** "Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios" Acuerdo Ministerial 097-A publicado en R.O 387, del 04 de noviembre de 2015 (MINAM, 2011).

Valoración de calidad de hábitat y de vegetación de ribera: Los análisis de la calidad de bosques de ribera y del hábitat fluvial se realizaron en cada uno de los sitios de muestreo (con y sin Intervención) mediante la aplicación del índice de Hábitat Fluvial (IHF) y la valoración de calidad del Bosque de Ribera (índice QBR) (Pardo et al., 2002).



Fotografía 5. Matriz IHF y QBR utilizada en Zhullín.
Fuente: Registro de las matrices de la investigación
Elaboración: Autores

IHF (índice de Hábitat Fluvial): este índice valora de manera independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial, 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 (Pardo et al., 2002).Ver Tabla 3 de interpretación del índice de hábitat fluvial.

Tabla 3. Valores de índice IHF, se distribuyen en cinco rangos de calidad.

Nivel de calidad	Valor IHF
Muy alta diversidad de hábitats	>90
Alta diversidad de hábitats	71-90
Diversidad de hábitats media	50-70
Baja diversidad de hábitats	31-49
Muy baja diversidad de hábitats	<30

QBR (índice de Calidad del Bosque de Ribera), determina los diferentes componentes y atributos como: cubierta vegetal, estructura de la vegetación naturalidad, complejidad del boque ribereño y grado de alteración del canal fluvial (Pardo et al., 2002) de interpretación del índice de calidad de bosque de ribera (ver Tabla 4).

Tabla 4. Valores de índice QBR.

Nivel de calidad	Valor QBR
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad buena, estado natural	>95
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70
Alteración fuerte, mala calidad	30-50
Degradación extrema, calidad pésima	<25

1.1.4. Análisis de variables biológicas de calidad de agua

Riqueza: Se determinó la riqueza de macro-invertebrados a partir del conteo del número de diferentes familias de la comunidad de macro-invertebrados de cada muestra en cada sitio de estudio.

Abundancia: se determinó el número total de individuos de cada muestra.

Análisis EPT: Se determinará el total de individuos que corresponden y se presentará en % para la determinación de la calidad de agua que presenta el sitio de estudio (ver Tabla 5)

Tabla 5. Parámetros calificación del ETP

Calidad de agua	
75 - 100%	Muy buena
50 - 74 %	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24 %	Mala

(Carrera & Fierro, 2001)

Índice de diversidad de Shannon – Wiener: Mide la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Suele adquirir en los ríos un valor hasta 5, mientras que valores inferiores a 2.4 indican que el sistema acuático está sometido a tensión (Marrugan,1988) y (Solow & Polasky, 1994)

Se calculó con la siguiente formula: $$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies)

H = Índice de Shannon – Wiener

Pi= proporción de individuos de la especie y respecto al total de individuos, es decir la Abundancia relativa de la especie (ni /N)

ni= número de individuos de la especie

N= número total de individuos de todas las especies.

Tabla 6. Valores de índice Shannon – Wiener.

H´	Condición
3,0 – 4,5	Contaminación débil
2,.0 – 3,0	Contaminación ligera
1,0 – 2,0	Contaminación moderada
0,0 – 1,0	Contaminación severa

Índice biológico de calidad de agua: Para la evaluación de las muestras de macroinvertebrados tomadas y determinación de la calidad de agua utilizamos el **Índice Biótico Andino (ABI),** el

cálculo de este índice se realizó con las puntuaciones de sensibilidad que tienen las familias presentes en las muestras, indistintamente del número de especímenes de cada familia, ya que ésta no se ve influenciada por el factor de abundancia, sino más bien es un indicador de presencia/ausencia de macroinvertebrados. Si se identifica solamente 1 individuo en una familia, este recibe el puntaje que le corresponde, el puntaje final se obtiene sumando los valores de todos los componentes de cada muestra, luego se identifica la categoría a la que pertenece o significado de calidad de agua correspondiente (Pardo et al., 2002) (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Rangos de calidad del Índice ABI.

Clase	Valor	Significado	Color
I	>120 101 – 120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul
II	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	36 – 60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

(Alba-Tercedor, 1996).

1.1.5 Análisis estadístico

El problema de la clasificación de individuos en poblaciones o grupos conocidos y de la caracterización de los mismos en base a un conjunto de variables medidas sobre los individuos, es de gran interés en estadística. Por tal razón los análisis se los realizó primeramente con un análisis de componentes principales (ACP) y a través de alternativas no paramétricas de clasificación multivariada con el método de CART.

Por tal razón se realizó un análisis exploratorio ACP y CART para clasificar y predecir las diferencias entre los grupos (con y sin intervención) y poder seleccionar variables en el sentido que permitan determinar cuál característica o conjunto de características es la que mejor define o discrimina a los grupos predeterminados (Kovalevski & Macat, 2012).

CAPITULO II

2.1 RESULTADOS

2.1.1 Resultados de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de los parámetros físicos medidos *in situ* al momento de la toma de muestras de agua en los riachuelos de estudio, así como los resultados de los análisis de los parámetros químicos entregados por el Laboratorio de Química de la Universidad del Azuay (ver Tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los análisis físicos y químicos de las 8 muestras de agua de los sitios de estudio.

		SITIOS DE MUESTREO							
		Zhullin		Cotacachi		Cachi		Pogio	
	PARÁMETROS	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención
Físicos-in situ	Temperatura °C	15.60	17.70	16.90	15.80	13.17	13.67	15.07	15.90
	Conductividad electrica (Us)	225.00	313.00	207.33	324.67	222.67	258.67	225.00	236.33
	Sólidos disueltos totales (ppm)	111.33	155.67	102.67	161.67	110.33	129.67	113.00	119.00
	pH	7.34	7.18	7.51	8.22	7.46	7.88	7.10	7.60
	Oxígeno Disuelto (%)	81.23	70.37	84.83	80.67	83.07	81.45	83.92	84.60
	Caudal (l/s)	0.44	0.18	0.13	0.16	0.39	0.38	0.1	0.1
Químicos	Cloruros (mg/l)	0.00	31.64	0.00	0.54	1.41	9.56	3.31	1.20
	Nitritos (mg/l)	0.14	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Nitratos (mg/l)	0.61	0.46	0.24	0.38	1.31	0.82	1.27	0.94
	Fosfatos (mg/l)	0.55	1.77	0.52	0.53	0.67	0.54	0.54	0.51
	Sulfatos (mg/l)	67.75	33.31	1.98	9.85	2.44	8.93	0.00	0.66

Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.2 Resultados de la colecta de Macroinvertebrados en los 8 sitios de estudio

En los ocho sitios de estudio, se encontró una variedad considerable de macroinvertebrados y se obtuvo en total de 1896 individuos identificados pertenecientes a 23 taxas, distribuidas en 8 órdenes (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Macroinvertebrados registrados en los sitios de estudio.

Clase	Orden	Familia	Especie
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella*
Insecta	Coleóptera	Scirtidae	*Prionocyphon (larva)*
Insecta	Coleóptera	Scirtidae	*Cyphon (larva)*
Insecta	Coleóptera	Elmidae	*Heterelmis (larva)*
Insecta	Coleóptera	Elmidae	*Neoelmis (adulto)*
Insecta	Coleóptera	Elmidae	*Austrolimnius (adulto)*
Insecta	Díptera	Simuliidae	*Gigantodax*
Insecta	Díptera	Muscidae	*Lispe*
Insecta	Díptera	Tipulidae	*Tipula*
Insecta	Díptera	Tipulidae	*Limonia*
Insecta	Díptera	Chironomidae	*Metriocnemus*
Insecta	Díptera	Chironomidae	*Cricotopus*
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Baetodes*
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	*Leptohyphes*
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	*Farrodes*
Insecta	Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*
Insecta	Lepidóptera	Tortricidae	
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	*Helicopsyche*
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	*Smicridea*
Insecta	Trichoptera	Anomalopsyche	
Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	
Turbelaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*

Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.3 Análisis de calidad de agua de los sitios de estudio (índice WQI)

De acuerdo al análisis de la calidad de agua a través del índice Wáter Quality Index (WQI), se determinó que todos los sitios de estudio corresponden a aguas de calidad "**buena**" con valores que oscilan entre los 74 y 85. (ver Gráficos 1).

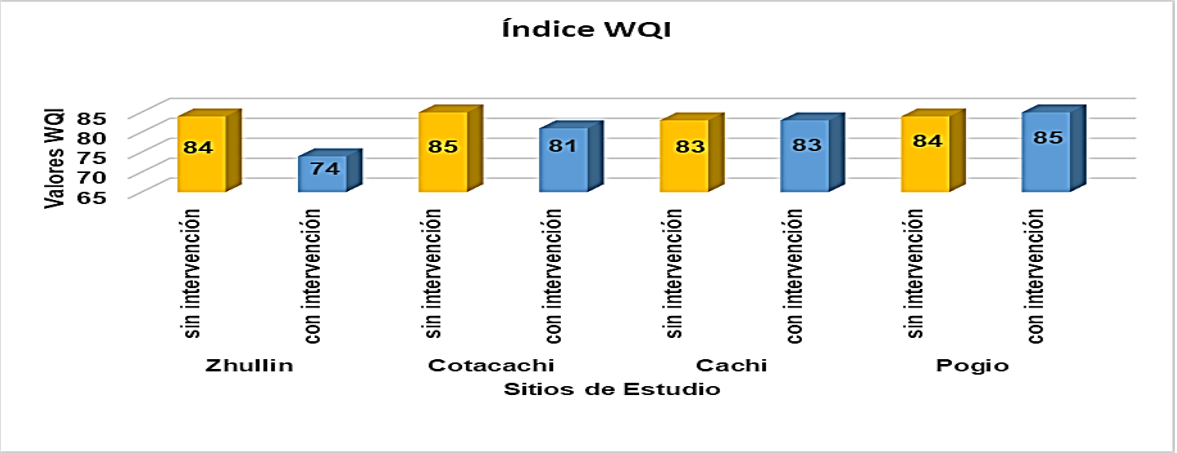


Gráfico 1. Resultados del índice WQI, riachuelos estudiados.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.4 Análisis comparativo con los criterios de calidad de agua de los sitios de estudio según el TULSMA

Con los resultados de los parámetros físicos y químicos de las muestras de agua de los 8 sitios de estudio se comparó con la Normativa ambiental de referencia vigente correspondiente al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente-TULSMA. Dicha comparación se la realizó basándose en los Límites Máximos Permisibles (LMP) de calidad de agua, dando como resultado que la calidad de agua de los cuatro riachuelos (sitios A-Zhullín, B-Cotacachi, -Cachi y D-Pogio) es admisibles para la preservación de vida acuática y silvestre (ver Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de los resultados de parámetros de calidad de agua con los límites máximos permisibles del TULSMA

	Sitios de estudio								
Parámetros	Zhullin		Cotacachi		Cachi		Pogio		TULSMA
	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención	sin intervención	con intervención	LMP
Temperatura °C	15.60	17.70	16.90	15.80	13.17	13.67	15.07	15.90	de 3 a 20
Conductividad electrica (Us)	225.00	313.00	207.33	324.67	222.67	258.67	225.00	236.33	1500
Sólidos disueltos totales (ppm)	111.33	155.67	102.67	161.67	110.33	129.67	113.00	119.00	3000
pH	7.34	7.18	7.51	8.22	7.46	7.88	7.10	7.60	6,5-9
Oxígeno Disuelto (%)	81.23	70.37	84.83	80.67	83.07	81.45	83.92	84.60	>80
Cloruros (mg/l)	0.00	31.64	0.00	0.54	1.41	9.56	3.31	1.20	no hay
Nitritos (mg/l)	0.14	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,2
Nitratos (mg/l)	0.61	0.46	0.24	0.38	1.31	0.82	1.27	0.94	13
Fosfatos (mg/l)	0.55	1.77	0.52	0.53	0.67	0.54	0.54	0.51	no hay
Sulfatos (mg/l)	67.75	33.31	1.98	9.85	2.44	8.93	0.00	0.66	250

Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.5 Resultados de la valoración de calidad de Hábitat Fluvial (índice IHF) en los sitios de muestreo

Como se puede observar en la Tabla 10 existe una tendencia clara entre la calidad de hábitat fluvial de los ecosistemas acuáticos asociados a los sitios sin intervención en los cuales el nivel de calidad corresponde a **alta diversidad**, a excepción de Zhullín cuya diversidad es baja, mientras que en los sitios con intervención antrópica el nivel de calidad según el índice IHF es **bajo y medio** (ver Tabla 11)

Tabla 11. Valores de índice IHF de los sitios de muestreo.

Sitios de estudio	sin intervención	Nivel de calidad	con intervención	Nivel de calidad
	índice IHF		índice IHF	
Zhullin-A	46	baja diversidad de hábitats	43	baja diversidad de hábitats
Cotacachi-B	90	alta diversidad de hábitats	57	Diversidad de hábitats media
Cachi-C	71	alta diversidad de hábitats	56	Diversidad de hábitats media
Pogio-D	79	alta diversidad de hábitats	44	Baja diversidad de hábitats

Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.6 Resultados de la valoración de calidad de Hábitat del Bosque de Ribera (índice QBR) en los sitios de estudio

Los resultados de la calidad de bosque de ribera según el índice QBR, en los sitios sin intervención presentaron valores de entre 80 y 85, lo que denota un nivel de calidad de "**Bosque ligeramente perturbado, calidad buena**". En el caso de los sitios con intervención antrópica, los sitios C y D presentan valores de 55 y 70 con un nivel de calidad "**Inicio de alteración importante, calidad intermedia**", mientras que el sitio A presenta un valor de 2, tiene un nivel de calidad "**Alteración fuerte, mala calidad**" (ver Tabla 12).

Tabla 12. Valores de índice QBR de los sitios de muestreo.

Sitios de estudio	sin intervención índice QBR	Nivel de calidad	con intervención índice QBR	Nivel de calidad
Zhullin-A	80	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	45	Alteración fuerte, mala calidad
Cotacachi-B	80	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena
Cachi-C	85	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	55	Inicio de alteración importante, calidad intermedia
Pogio-D	80	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	70	Inicio de alteración importante, calidad intermedia

Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.7 Resultados de las variables biológicas de calidad de agua

Riqueza: En la toma de muestras realizadas en los 8 sitios, se registró un mayor número de familias en el sitio C (Cachi con intervención) con un total de 11 familias, seguido por el sitio B (Cotacachi con intervención) registro 9 familias, el sitio A (Zhullín sin intervención) y C (Cachi sin intervención) registraron 7 familias, el sitio B (Cotacachi sin intervención) y D (Pogio con intervención) registraron 5 familias, el sitio D (Pogio sin intervención) registró 3 familias presentes y por último el sitio A (Zhullín sin intervención) registró una familia presente en la muestra (ver gráfico 3).

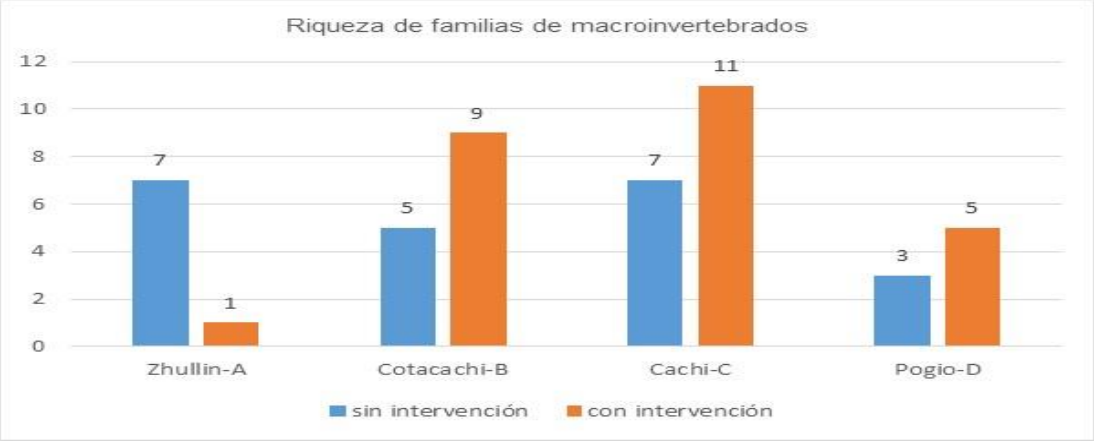


Gráfico 2. Resultados de riqueza de familias de macroinvertebrados en los sitios de estudio.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Abundancia: Los resultados de las curvas rango-abundancia de macroinvertebrados se pueden observar en el Gráfico 4. En el caso del riachuelo Zhullín sin intervención se muestra inequidad entre las abundancias de las familias Hyalellidae y Baetidae, en Zhullín con intervención claramente se tiene una alta inequidad en la abundancia de la familia Chironomidae; en Cotacachi sin intervención la diferencia se nota entre las familias Hyalellidae y Scirtidae, en cambio en el sito con intervención no hay mucha diferencia en la proporción de abundancia mostrándose más equitativa la muestra; En el riachuelo de Cachi sin intervención la inequidad se muestra entre Hyalellidae y Leptohyphidae, en Cachi con intervención aparecen familias pertenecientes al grupo de EPT como Hydrobiosidae y Leptohyphidae. En Pogio sin intervención la inequidad se da entre Hyalellidae y Dugesiidae, mientras se muestra equidad en Pogio con intervención. En los gráficos 4 y 5 se muestra la abundancia general en los cuatro riachuelos.

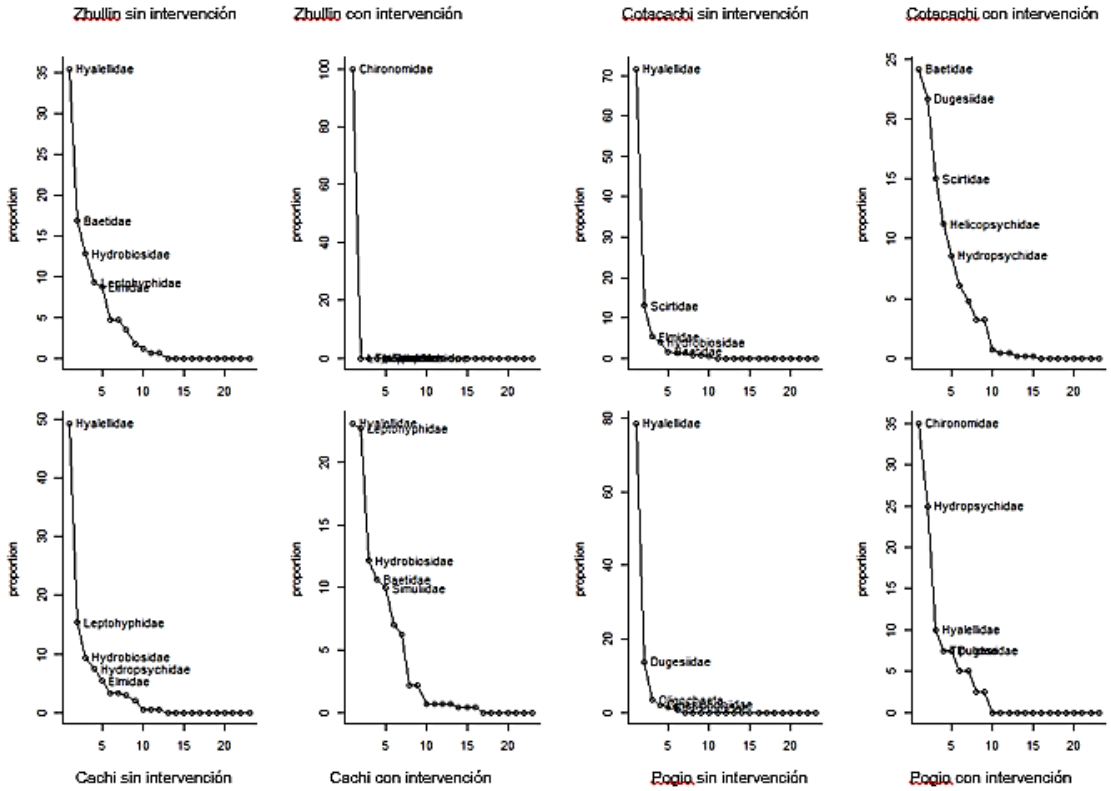


Gráfico 3. Resultados de las curvas rango-abundancia de macroinvertebrados.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

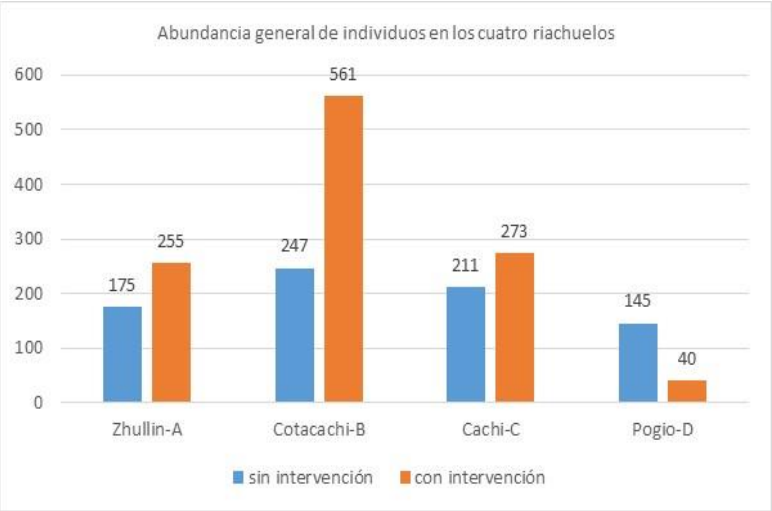


Gráfico 4. Resultados de abundancia general de macroinvertebrados en los sitios de muestreo.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Dominancia: En los cuatro riachuelos en estudio en las zonas sin intervención se ha encontrado la presencia de la familia de los Hyalelidae, excepto en Cachi que también encontramos en el sitio con intervención, la familia Cheronomidae tenemos presente en dos zonas con intervención de Zhullín y Pogio y la familia Baetidae encontramos en Cotacachi con intervención. (ver Gráfico 6)

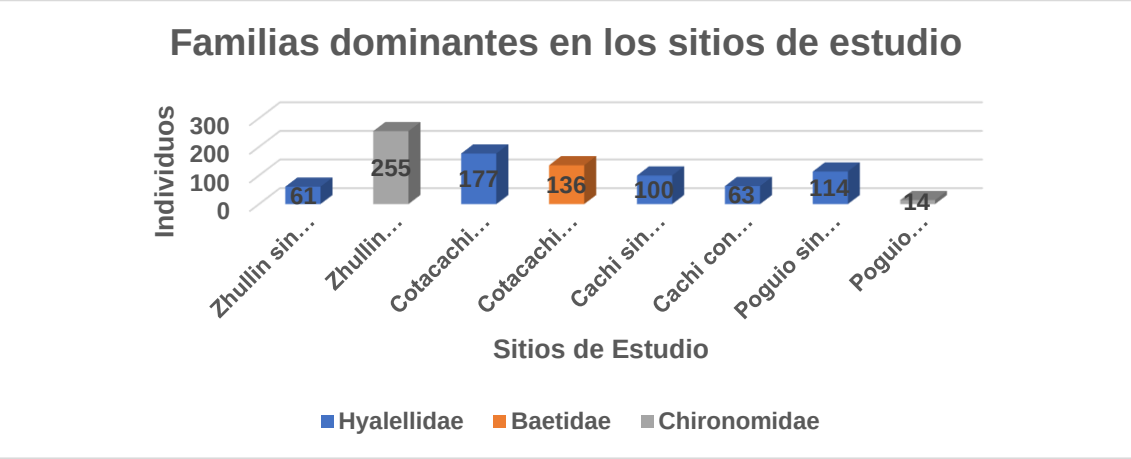


Gráfico 5. Familias dominantes de los cuatro riachuelos en estudio en el Cantón San Fernando.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Análisis ETP/Quironómidos: En el muestreo se pudo evidenciar que el mayor porcentaje de ETP presentes fueron los sitios sin intervención: Zhullín con 39%, luego Cachi con 36%, con baja presencia el sitio Cotacachi con 6% y en Pogio no hubo presencia de este grupo de individuos; en los sitios con intervención el que tuvo mayor porcentaje de ETP fueron: Cotacachi con 51,16% y Cachi con 52,01%, seguido por Pogio con el 28% en Zhullín no hubo presencia de este grupo de individuos (ver Gráfico 6).

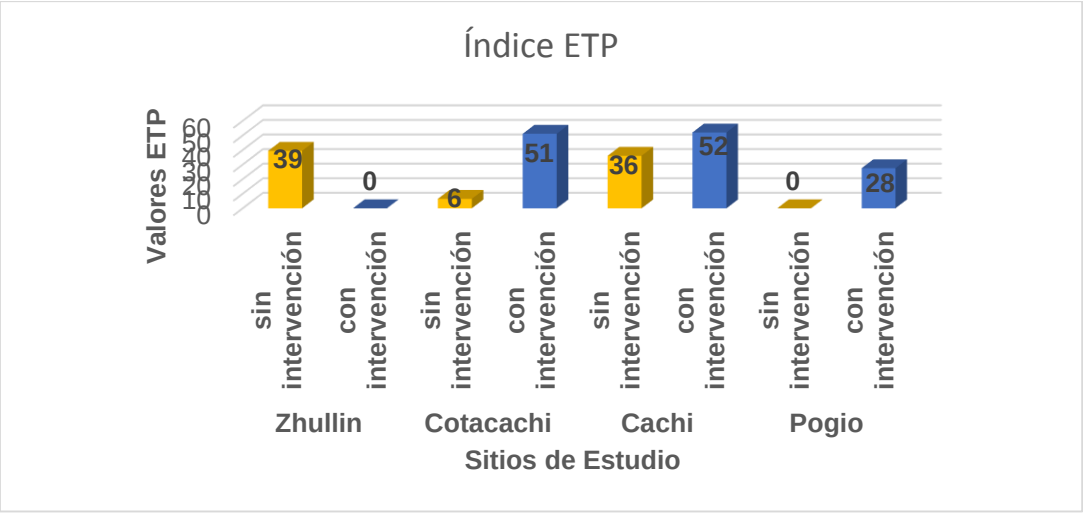


Gráfico 6. Análisis ETP de los sitios de estudio.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.8 Resultados de los Análisis del índice de Diversidad de Shannon-Wiener

De acuerdo al Índice de diversidad de Shannon en las muestras de macroinvertebrados realizadas en los Riachuelos de San Fernando y Chumblín se establece lo siguiente: El sitio Cachi con intervención presentó un valor de diversidad de 2,09 lo que significa que el agua tiene una "**contaminación ligera**", a diferencia de los otros 6 (Zhullín, Cotacachi, Cachi, (sin intervención) y Pogio con intervención, presentan valores dentro de los rangos de 1,05 a 1,95 lo que significa que el agua tiene una "**contaminación moderada**" y Pogio sin intervención presenta una "**contaminación severa**" (ver gráfico 7)

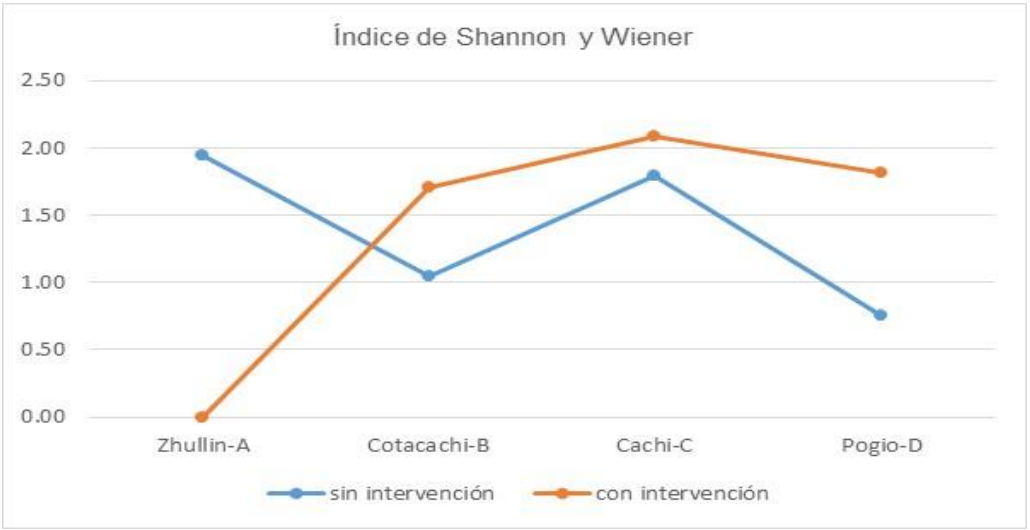


Gráfico 7. Resultados del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener de los sitios de estudio
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.9 Análisis de calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) de los sitios de muestreo.

De acuerdo a los resultados del análisis de agua mediante el índice ABI, establece que en los sitios B y C (con intervención) y el sitio C (sin intervención) se "**evidencia algún efecto de**

contaminación", con valores que oscilan entre los 64 y 99; los sitios A, B (sin intervención) y D (con intervención) presentan "**aguas contaminadas**", con valores de 43 y 45; el sitio D (Pogio sin intervención) presenta "**aguas muy contaminadas**", con un valor de 19 y el sitio A (con intervención) presenta "**aguas fuertemente contaminadas**", con un valor de 2 (ver Gráfico 8).

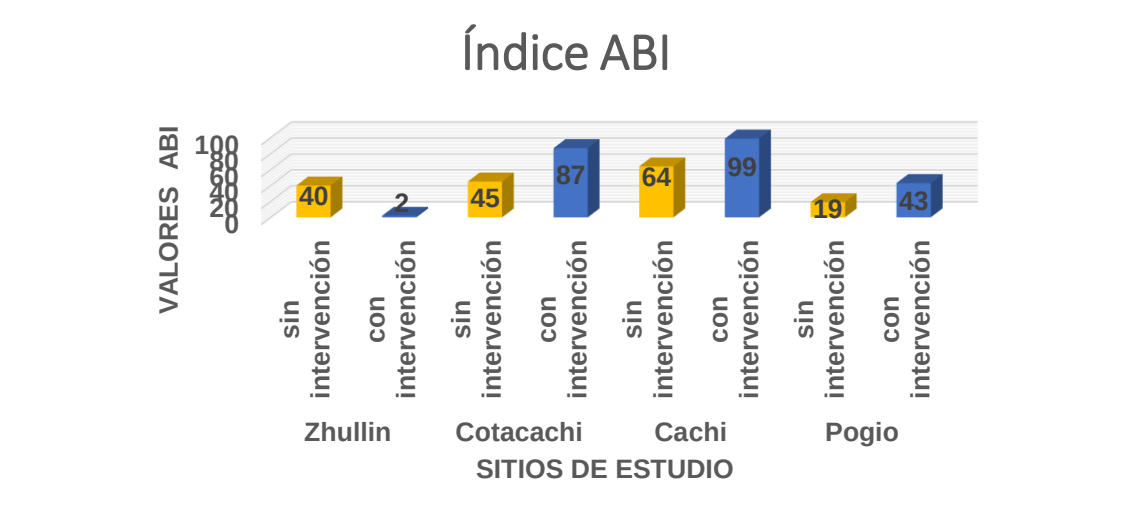


Gráfico 8. Análisis de calidad de agua mediante el índice ABI.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

2.1.10 Análisis estadístico multivariado

En el grafico 9, se puede ver claramente que los sitios sin disturbio (puntos azules), se agrupan estableciendo de esta manera la existencia de dos grupos, como se planteó en la hipótesis.

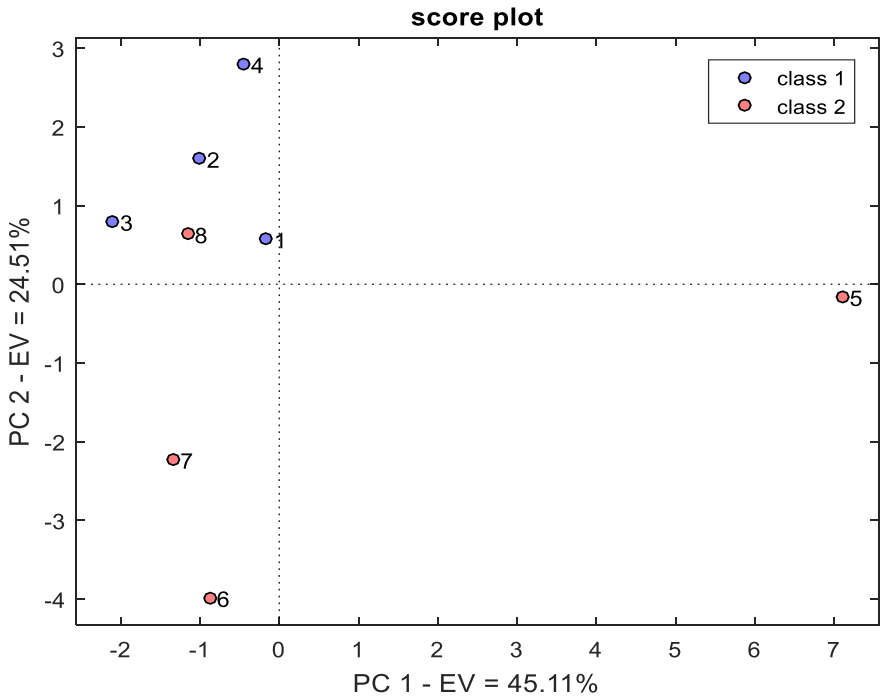


Gráfico 9. Análisis multivariado de componentes principales.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

Basados en el Análisis de componentes principales, se corrió un modelo de ordenación CART con dos categorías resultando la variable del índice de calidad de bosques de ribera (QBR) la que explica la separación de lugares con intervención y sin intervención, siendo el valor de 77,50 el umbral de separación, es decir que se separó claramente los sitios sin intervención sobre este valor y el otro grupo correspondiente con intervención bajo el mismo (ver Gráfico 10)

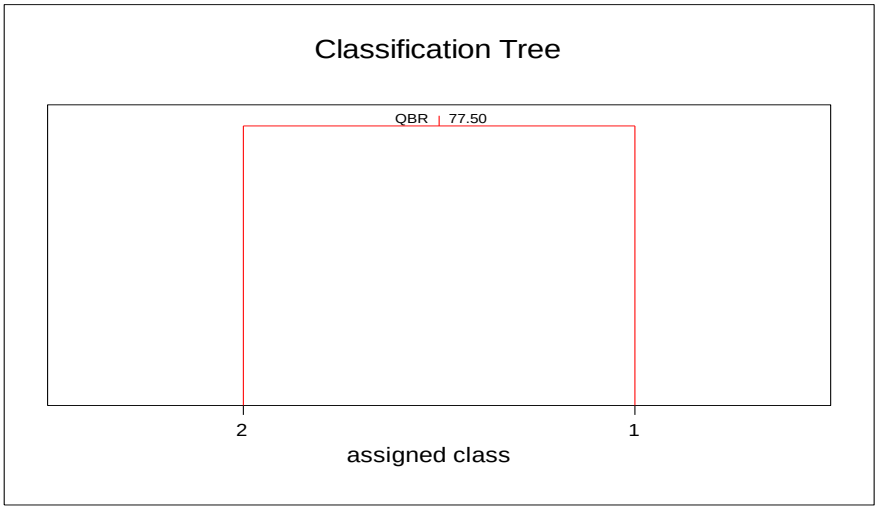


Gráfico 10. Análisis de modelo de ordenación CART con dos categorías.
Fuente: Resultados de la investigación
Elaboración: Autores

CAPÍTULO III

3.1 DISCUSIÓN

En los sitios de estudio, se encontró una variedad moderada de macroinvertebrados, debido a la presencia de lluvias torrenciales se presentaron una semana antes de realizar el monitoreo en las zonas de estudio.

Los macroinvertebrados presentes en las zonas dan señales de aguas limpias o aguas contaminadas dependiendo las familias existentes, unos requieren de aguas limpias para sobrevivir mientras que otros sobreviven en aguas contaminadas ejemplo los Chironomidaes, que fue dominante en Zhullín con intervención antrópica.

Los riachuelos (con y sin intervención) del Zhullín, Cotacachi, Cachi y Pogio presentan condiciones similares de calidad de agua según el índice WQI, en los cuales encontramos resultados del cálculo del WQI entre 74 a 85, ubicándose dentro de la escala clasificatoria de agua de calidad buena.

Con los resultados de los parámetros y la comparación con los LMP de la tabla de *Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario* de la normativa de referencia TULSMA, se puede deducir que las aguas de los 8 sitios de muestreo (con y sin intervención) de los cuatro riachuelos son admisibles y permiten la preservación de vida acuática y silvestre.

Los sitios Cotacachi, Cachi y Pogio (Sin intervención) presentan un nivel de calidad Alta en diversidad de hábitats con un bosque ligeramente perturbado, calidad buena, debido a que existe una diversidad de especies nativas y chaparros como: Pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis Seem),* Aliso (*Alnus acuminata Kunth*), Quishuar (*Buddleja incana*), plantas acuáticas Berro (*Nasturtium officinale*) y juncos, especies comestibles como el Capulí (*Prunus serótina*), mora (*Rubus sp*.), así también una infraestructura de captación de agua para consumo humano y riego para la Parroquia Chumblín (Cachi) y predios con pastizales como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum),* Reygras *(Lolium multiflorum*) destinados para la ganadería.

Los sitios Cotacachi y Cachi (con Intervención) presentan un nivel de calidad media en diversidad, con inicios de alteración importante, calidad intermedia, excepto Cotacachi que presenta un bosque ligeramente perturbado, buena calidad, ubicados en zonas rurales (recintos San Isidro y El Cisne), predominan los pastizales para la ganadería como el Kikuyo (*pennisetum clandestinum),* Reygras *(lolium multiflorum*), cultivos de ciclo corto como el Maíz, (*Zea mays)* y Frejol *(phaseolus vulgaris*) y vías de segundo orden que conectan a recintos del área urbana y rural del cantón San Fernando.

Los sitio Zhullín (con y sin Intervención) y Pogio (con intervención) presenta un nivel de calidad baja en diversidad de hábitat con alteración fuerte, bosque de mala calidad, excepto en el sitio

Zhullín sin intervención donde encontramos un bosque ligeramente perturbado de calidad buena; esto se presenta debido a que existe un limitado número de especies nativas, y mayor presencia de especies introducidas como el eucalipto (*Eucaliptus globulus*), una infraestructura de captación de agua para consumo doméstico (zona alta de Zhullín), una fábrica de quesos (Zhullín parte baja) y riego (Pogio), además la explotación intensiva de ganado en zonas colindantes al riachuelo a través del manejo de pastos como el Kikuyo (Pennisetum clandestinum), Reygras (Lolium multiflorum) y cultivos de ciclo corto como el Maíz (*Zea mays*) , Fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y Papas (*solanum tuberosum*).

Las zonas con mayor riqueza de familias de macroinvertebrados se encontraron en Cachi con intervención (11), seguido de Cotacachi (9) con intervención, esto posiblemente debido a que en la zona existe presencia de zonas rocosas en el lecho, presencia de materia orgánica por zonas ganaderas colindantes al sitio, mientras que las zonas de menor riqueza se encuentra Pogio sin intervención (3), puede ser por la heterogeneidad del sustrato por estar ubicado en una zona cenagosa.

El sitio donde encontramos mayor abundancia de macroinvertebrados es en el riachuelo Zhullín con intervención debido a que en el mismo existe la descarga de aguas de una planta de tratamiento de aguas servidas y de una fábrica de lácteos.

La familia Hyalellidae, fue la dominante en los cuatro riachuelos, por lo que las aguas en los sitios con y sin intervención se presentan índices biológicos de buena calidad. Los sitios de estudio donde se realizó la toma de muestras se pueden observar que la mayor presencia fue del orden Díptera y Trichoptera ya que estos determinan la calidad de agua.

Los riachuelos Cotacachi y Cachi con intervención presentan agua de “calidad buena” los Riachuelos Zhullín, Cachi sin intervención, Pogio con intervención presentan agua de “**calidad regular,** debido a la presencia de individuos del grupo ETP, mientras que los riachuelos de: Zhullin con intervención, Cotacachi sin intervención y Pogio sin intervención poseen agua de “**mala calidad”** pues estos no presentan individuos del grupo ETP.

Los riachuelos monitoreados nos dan una contaminación moderada a ligera, ya que cuentan con caudales de 0.1 l/s a 0.5 l/s. profundidades de 0.05 m. a 0.2 m, con pendientes del 3% al 10% respectivamente, excepto el riachuelo Pogio sitio sin intervención que presenta un arrastre severo de contaminantes, debido a que la naciente es una zona cenagosa, con presencia de plantas acuáticas como el Berro (*Nasturtium officinale*) y juncos, con caudales de 0.1 l/s, con una profundidad que oscila entre 0.13m. a 0.20 m, con una pendiente menor al 1% produciendo un agua remansa y un color no transparente.

Finalmente; los sitios monitoreados se encuentran dentro de las categorías del ABI con “contaminación y aguas fuertemente contaminadas”, esta fluctuación puede ser producto de las lluvias torrenciales que se presentaron una semana antes de realizar el muestreo en las zonas de estudio, por lo que puede haberse producido un lavado del lecho, arrastre de sedimentos y

rocas al riachuelo. Esto sesgaría los resultados en cada índice siendo fundamental hacer replicas temporales de este estudio.
Estos sitios posiblemente no presenten condiciones sino con características de material de humedal con hábitats diferentes donde naturalmente tienen menos variedad de macroinvertebrados (Rivera Usme, Pinilla Agudelo, & Camacho Pinzón, 2013).

4. CONCLUSIONES

El monitoreo del agua nos permitió tener un acercamiento a la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados que forman parte de los ecosistemas presentes en los cuatro riachuelos sin y con intervención.

De acuerdo al índice WQI los cuatro riachuelos monitoreados (con y sin intervención) presentan condiciones similares de buena calidad de agua.
En relación con la normativa ambiental vigente, relacionada al recurso agua, los cuatro sitios de muestreo (con y sin intervención) son admisibles y permiten la preservación de vida acuática y silvestre.

Los riachuelos sin intervención como Cotacachi, Cachi y Pogio presentaron un IHF de calidad Alta en diversidad, mientras que Zhullín una calidad baja en diversidad; mientras que en los riachuelos con intervención como Cotacachi y Cachi presentan una diversidad de hábitat media, excepto Zhullín y Pogio con una diversidad baja.

De acuerdo al índice QBR, los cuatro riachuelos sin intervención presentan un nivel de calidad de bosque ligeramente perturbado de buena calidad; los sitios con intervención como Cachi y Pogio se encuentran con inicios de alteración importante de calidad media, mientras que Cotacachi se encuentra como bosque ligeramente perturbado, calidad buena y Zhullín, con alteración fuerte, mala calidad.

Los sitios estudiados con mayor riqueza de macroinvertebrados presentes en los riachuelos son el Cachi y Zhullín (sin intervención) seguido del Cachi y Cotacachi (sin intervención) y los sitios con menor riqueza encontramos el Pogio (con y sin intervención) y Zhullín (con intervención).

La mayor abundancia de macroinvertebrados lo encontramos en los sitios con intervención como el Cotacachi, seguido de Cachi y Zhullín, en segundo lugar, tenemos los sitios sin intervención de Cotacachi, Cachi y Zhullín y finalmente Pogio como sitio con menor abundancia.

La mayor dominancia de macroinvertebrados encontramos en sitios sin intervención como Cotacachi, Pogio, Cachi, y Zhullín con la familia Hyalellidae, debido a la presencia de materia organica y hojarasca en los cauces; en segundo lugar, la familia Chironomidae en los sitios con condiciones similares de intervención de Zhullín y Pogio por la presencia de sedimentos rocosos y finalmente la familia Baetidae en Cotacachi con Intervención debido a presencia de perturbaciones producto de actividades antropicas.

Del Análisis ETP/Quironómidos; el mayor porcentaje presentes fueron los sitios sin intervención: Zhullín, Cachi; en los sitios con intervención tenemos el mayor porcentaje Cachi, Cotacachi y Pogio y con bajo porcentaje tenemos en Cotacachi in intervención; para los casos de Pogio sin y Zhullín con intervención no se tuvo presencia de organismos ETP.

El indice de Shanon determina que los sitios Cachi con intervención posee una contaminación del agua ligera; los sitios sin intervención como Zhullin, Cotacachi y Cachi sin intervención poseen una contaminación moderada y Pogio con y sin intervención poseen una contaminación severa.

El índice ABI de Cotacachi con intervención y Cachi con y sin intervención se evidencia algún efecto de contaminación, Zhullín y Cotacachi sin intervención y Pogio con intervención presentan aguas contaminadas; Pogio sin intervención presenta “Aguas muy contaminada” y Zhullín con intervención presentó “Aguas fuertemente contaminadas”.

El análisis multivariado concluye que los sitios de estudio han sido seleccionados correctamente en zonas con y sin intervención.

Los resultados producto del monitoreo no reflejan el real estado de los riachuelos debido a la época de la toma de muestra por lo que se debe realizar monitoreo en épocas de verano.

5. RECOMENDACIONES

A los riachuelos estudiados se recomienda realizar monitoreo en épocas de verano y lluvias y de esta manera conocer la abundancia y riqueza de los macro-invertebrados como indicadores de calidad de agua.

El GAD local partiendo del presente trabajo, debe elaborar un programa de monitoreo trimestral de la calidad de agua de los riachuelos y de esta manera contribuir a un manejo integrado del recurso hídrico a largo plazo a nivel cantonal.

El GAD Local, debe establecer zonas de planificación del desarrollo socio económico agropecuario con medidas de uso y ocupación del suelo, considerando las captaciones y nacientes de agua como zonas de protección y conservación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados Acuaticos Y Calidad De Las Aguas De Los Rios 1. *Isbn*, *II*, 203–213. https://doi.org/10.1080/11250009409355910

Asamblea constituyente, 2008: art. 1. (2008). Constitución Del Ecuador. *Constitución Del Ecuador*, 218. Retrieved from http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf

Baccaro, Degorgue, K. ;, Lucca, M. ;, & Ria, M. (2006). CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y RIEGO EN MUESTRAS DEL CINTURÓN HORTÍCOLA DE MAR DEL PLATA, *35*(3), 95–110. Retrieved from http://www.redalyc.org/pdf/864/86435307.pdf

Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Retrieved from http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf

CEPAL. (2011). Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador. *Diagnostico de La Informacion Estadistica Del Agua*, 81. Retrieved from http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las Estadisticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. https://doi.org/978-950-668-015-2

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentonicos como indicadores de calidad de agua de rios del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *76*(2), 275–285. https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón San Fernando. (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón San Fernando (2014 - 2030). Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000520001_PDOT_SAN FERNANDO_2014_15-03-2015_19-11-32.pdf

Kovalevski, L., & Macat, P. (2012). Alternativas no paramétricas de clasificación multivariada. *Decimoséptimas Jornadas "Investigaciones En La Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística*.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

MINAM. (2011). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. *TULAS Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente*, 8–9.

Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., … Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, *21*(3–4), 115–133.

Paternship, G. (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídrico en cuencas*. *Global Water Paternship y Red Internacional of Basin …*.

Posada-García, J.; Roldan-Pérez, G. (2003). Clave Ilustrada Y Diversidad De Las Larvas De Trichoptera En El Nor-Occidente De Colombia. *Caldasia*, *25*(1), 169–192. https://doi.org/10.2307/23641718

Rivera Usme, J. J., Pinilla Agudelo, G., & Camacho Pinzón, D. L. (2013). Macroinvertebrate Trophic Groups in an Andean Wetland of Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, *18*(2), 279–292. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.10613

SNET. (2016). Índice De Calidad Del Agua General "ICA." *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*, *1*(503), 14.

Solow, A., & Polasky, S. (1994). Measuring biological diversity: Rejoinder. *Environmental and Ecological Statistics*. https://doi.org/10.2989/16085910409503825

Yépez Rosado, Á., Yépez Yanez, Á. B., Urdánigo Zambrano, J. P., Morales Cabezas, D. C., Guerrero Chuez, N. M., & TayHing, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencias Ambientales/Environmental Sciences Cienc*, *10*, 27–34. https://doi.org/10.18779/cyt.v10i1.217

7. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de índice ABI de los sitios de muestreo.

Sitios de muestreo	Total ABI	Calidad de agua
Zhullín sin intervención	40	Aguas contaminadas
Zhullín con intervención	2	Aguas fuertemente contaminadas
Cotacachi sin intervención	90	Son evidentes algunos efectos de contaminación
Cotacachi con intervención	174	Aguas muy limpias
Cachi sin intervención	128	Aguas muy limpias
Cachi con intervención	198	Aguas muy limpias
Pogio sin intervención	38	Aguas contaminadas
Pogio sin intervención	86	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible

.

Anexo 2. Análisis de riqueza de los sitios muestreo.

Sitios de muestreo	Riqueza
Zhullín sin intervención	22
Zhullín con intervención	3
Cotacachi sin intervención	16
Cotacachi con intervención	28
Cachi sin intervención	21
Cachi con intervención	33
Pogio sin intervención	9
Pogio sin intervención	14

Anexo 3. Análisis índice Shannon.

Sitios de muestreo	Índices de diversidad-Shannon
Zhullín sin intervención	1,95
Zhullín con intervención	0,00
Cotacachi sin intervención	1,05
Cotacachi con intervención	1,71
Cachi sin intervención	1,80
Cachi con intervención	2,09
Pogio sin intervención	0,75
Pogio con intervención	1,82

Anexo 4. Análisis de índice WQI.

Sitios de muestreo	Resultado	WQI
Zhullín sin intervención	79	Bueno
Zhullín con intervención	69	Medio
Cotacachi sin intervención	82	Bueno
Cotacachi con intervención	69	Medio
Cachi sin intervención	71	Bueno
Cachi con intervención	61	Medio
Pogio sin intervención	72	Bueno
Pogio con intervención	65	Medio

Anexo 5. Macroinvertebrados encontrados en los sitios de monitoreo.

Zonas de muestreo	Hyalellidae	Leptohyph	Leptophlel	Baetidae	Hydropsyci	Helicopsyc	Hydroptilic	Anomalop	Leptocerid	Hydrobiosi	Tipulidae	Simuliidae	Muscidae	Tipulidae	Chironomi	Scirtidae	Elmidae	Perlidae	Dugesiidae	Glossiphonii	Tortricidae	Aeshnidae	Oligochaeta	Astroblepid ae (Barge)	n TOTAL	Riqueza	ETP / Quironomidos	% fam dominante
Zhullin sin Intervención	61	16	0	29	2	0	0	0	0	22	8	1	0	0	6	3	15	0	1	0	0	0	8	3	175	7	4%	34,86
Zhullin con Intervención	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	1	100%	100,00
Cotacachi sin Intervención	177	0	0	4	2	0	0	0	0	10	0	2	1	0	3	32	13	0	3	0	0	0	0	0	247	5	2%	71,66
Cotacachi con Intervención	27	4	0	136	48	63	1	0	0	34	0	18	1	2	0	84	18	1	122	0	0	0	2	0	561	9	0%	24,24
Cachi sin Intervención	100	31	0	4	15	0	0	0	0	19	0	1	0	0	1	6	11	7	7	0	0	1	0	8	211	7	1%	47,39
Cachi con Intervención	63	62	6	29	6	2	0	2	2	33	0	27	1	0	0	19	17	0	2	0	1	1	0	0	273	11	0%	23,08
Pogüio sin Intervención	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	20	3	0	0	5	0	145	3	2%	78,62
Pogüio con Intervención	4	0	0	1	10	0	0	0	0	0	3	2	0	0	14	0	1	0	3	0	0	2	0	0	40	5	48%	35,00

Anexo 6. Tabla resumen de los resultados parámetros químicos.

SITIO	MUESTREO	ABI	RIQUEZA	n ABUNDANCIA	% Fam. Dominante	SHANON	QBR	WQI	IHF	ETP	Temperatura °C	Conductividad electrica (Us)	Solidos disueltos totales (ppm)	pH	Cloruros (mg/L.)	Nitritos (mg/L.)	Nitratos (mg/L.)	Fosfatos (mg/L.)	Sulfatos (mg/L.)	% de Saturacion O	Oxigeno Disuelto (mg/L.)
Zhullin	sin intervención	40,00	7,00	175	34,86	1,95	80,00		46,00	0,04	15,60	225,00	111,33	7,34	0,00	0,14	0,61	0,55	67,75	128,50	6,70
	con intervención	2,00	1,00	255	100,00	0,00	45,00		43,00	1,00	17,70	313,00	155,67	7,18	31,64	0,05	0,46	1,77	33,31	441,70	58,72
Cotacachi	sin intervención	45,00	5,00	247	71,66	1,05	80,00		90,00	0,02	16,90	207,33	102,67	7,51	0,00	0,00	0,24	0,52	1,98	485,90	73,91
	con intervención	87,00	9,00	561	24,24	1,71	75,00		57,00	0,00	15,80	324,67	161,67	8,22	0,54	0,00	0,38	0,53	9,85	80,67	7,99
Cachi	sin intervención	64,00	7,00	211	47,39	1,80	85,00		71,00	0,01	13,17	222,67	110,33	7,46	1,41	0,00	1,31	0,67	2,44	392,87	42,12
	con intervención	99,00	11,00	273	23,08	2,09	55,00		56,00	0,00	13,67	258,67	129,67	7,88	9,56	0,00	0,82	0,54	8,93	291,53	28,22
Pogio	sin intervención	19,00	3,00	145	78,62	0,75	80,00		79,00	0,02	15,07	225,00	113,00	7,10	3,31	0,00	1,27	0,54	0,64	280,40	29,55
	con intervención	43,00	5,00	40	35,00	1,82	70,00		44,00	0,48	15,90	236,33	119,00	7,60	1,20	0,00	0,94	0,51	0,66	331,60	36,46

Anexo 7. Análisis WQI, Sitio A sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	88
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	93
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	58
Nitrates	0.10	96
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	82

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

84

Anexo 8. Análisis WQI, Sitio A con Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	75
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	92
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	29
Nitrates	0.10	97
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	78

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

74

Anexo 9. Análisis WQI, Sitio B sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	91
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	92
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	58
Nitrates	0.10	97
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	83

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

85

Anexo 10. Análisis WQI, Sitio B con Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	88
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	76
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	59
Nitrates	0.10	97
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	77

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

81

Anexo 11. Análisis WQI, Sitio C sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	89
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	93
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	52
Nitrates	0.10	96
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	82

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

83

Anexo 12. Análisis WQI, Sitio C sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	88
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	88
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	58
Nitrates	0.10	96
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	81

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

83

Anexo 13. Análisis WQI, Sitio D sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	90
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	90
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	58
Nitrates	0.10	96
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	82

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

84

Anexo 14. Análisis WQI, Sitio D sin Intervención.

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	91
Fecal Coliform	0.16	
pH	0.11	92
Biochemical oxygen demand	0.11	
Temperature Change	0.10	
Total Phosphate	0.10	60
Nitrates	0.10	96
Turbidity	0.08	
Total Solids	0.07	82

Calculate overall WQI

Factors entered

5

Overall Water Quality Index

85

Anexo 15. Registro de profundidad y caudales de los sitios de monitoreo.

Sitios	Profundidad en m.			Caudal l/s.		
	Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha
Zhullín sin intervención	0,14	0,16	0,14	0,37	0,70	0,27
Zhullín con intervención	0,05	0,08	0,05	0,17	0,20	0,17
Cotacachi sin intervención	0,11	0,12	0,08	0,13	0,10	0,17
Cotacachi con intervención	0,11	0,12	0,11	0,08	0,27	0,13
Cachi sin intervención	0,10	0,11	0,10	0,30	0,47	0,40
Cachi con intervención	0,20	0,22	0,14	0,37	0,37	0,40
Poguio sin intervención	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10	0,10
Poguio con intervención	0,08	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10