



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE MACRO
INVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA “LAS LANZAS”, CANTÓN
RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: JOHANNA PAMELA CISNEROS ZURITA

TUTOR: EDWIN FABIÁN BERSOSA VACA

Quito – Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Johanna Pamela Cisneros Zurita con documentación de identificación N°

1723007678 manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Johanna Pamela Cisneros Zurita
1723007678

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Johanna Pamela Cisneros Zurita con documento de identificación N° 1723007678, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy la autora del Trabajo Experimental: “Biodiversidad y Calidad de Agua mediante el estudio de Macroinvertebrados Acuáticos en la quebrada “ Las Lanzas ” Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Johanna Pamela Cisneros Zurita
1723007678

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Fabián Bersosa Vaca con documento de identificación N° 1709204141, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo experimental: BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA “LAS LANZAS “CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Johanna Pamela Cisneros Zurita con documento de identificación N° 1723007678, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca M.Sc.
1709204141

DEDICATORIA

A mis padres Edgar y Gladys por el apoyo incondicional que me brindaron en toda la vida universitaria, supieron guiarme por el camino del bien, por ser mi ejemplo a seguir adelante y mi motor para seguir en la vida cumpliendo todas mis metas previstas en un futuro y nunca darme por vencida.

A mi hermana Gabriela por siempre alentarme, estar a mi lado expulsando los buenos deseos para que salga adelante como ser humano y como profesional.

A mi hija Scarlett Valentina por darme alegrías todos los días, tus travesuras, tus ocurrencias, por esa inteligencia que desbordas cada día en tus clases, espero poder enseñarte en un futuro lo maravilloso que es la vida si las sabes llevar con prudencia, Te Amo.

Johanna Pamela Cisneros Zurita

AGRADECIMIENTO

Para muchas personas es muy difícil entrar a una universidad y cumplir los sueños de llegar a ser profesional, por eso ahora me siento orgullosa de mí misma por lograr un sueño más en mi vida, agradezco a Dios por ayudarme a llegar hasta este punto de mi vida, por culminar mis estudios universitarios y por todas las personas que puso en mi camino personas que supieron enseñarme de alguna forma el camino para ser una gran profesional, les agradezco mucho.

Un sincero agradecimiento a mi tutor Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca por la paciencia en la que me ayudo a culminar el proyecto.

A todos los Ingenieros que supieron enseñarme, orientarme en toda la carrera y también por tenerme paciencia en la etapa de laboratorio.

Agradecimiento al Municipio de Rumiñahui con especial atención al Departamento de Protección Ambiental al Biólogo Cristian Aguilar por autorizar la realización del estudio técnico y por brindarme sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema	1
1.2 Delimitación	3
1.3 Pregunta de investigación	11
1.4 Objetivos	11
1.4.1 General	11
1.4.2 Específicos	11
1.5 Hipótesis	11
1.5.1 Hipótesis de investigación	11
1.5.2 Hipótesis Nula	11
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
2.1 Agua	12
2.2 Calidad del agua	12
2.2.1 Definición	12
2.2.2 Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad de agua	13
2.3 Recursos Hídricos	15
2.4 Macroinvertebrados	15
2.5 Macroinvertebrados como indicadores	15
2.6 Díptera	16
2.6.1 Familia Chironomidae	16
2.6.2 Familia Tipulidae	18
2.7 Subphylum Crustáceo	19
2.7.1 Orden Amphipoda	19
2.7.2 Familia Hyalellidae	19
2.8 Orden Mollusca	20
2.8.1 Clase Gastropoda	20

2.9 Índice Ecológico	20
2.9.1 Índice Unimétricos	20
2.10 Índice Bióticos	21
2.10.1 Índice Biótico Andino (IBA)	22
2.11 Índice Multimétricos	22
2.11.1 Índice BMWP/COL	22
2.12 Índices Estadísticos	23
2.12.1 Índice de Diversidad de Shannon	23
2.12.2 Índice de Simpson	23
2.12.3 Curva de acumulación de especies	24
2.13 Marco legal	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Diseño experimental	26
3.1.1 Parámetros Físicoquímicas en el laboratorio	26
3.1.2 Métodos de los parámetros Físicoquímicos	27
3.1.3 Ancho, Profundidad, Velocidad	28
3.2 Muestreo	29
3.2.1 Recolección y muestreo de macroinvertebrados	29
3.2.2 Identificación de macroinvertebrados	32
3.2.3 Cálculo de Caudal, Ancho y Velocidad y Profundidad	33
3.2.4. Cálculo del índice BMWP/Col	33
3.2.5 Cálculo del índice ABI	35
3.2.6 Cálculo del Índice ETP	38
3.2.7 Cálculo del Método de Shannon	38
3.2.8 Cálculo del Método de Simpson	39
3.3 Diseño estadístico	39
3.3.1 Población y muestra	40
3.3.2 Variables	40
3.4 Recolección de datos	41
3.4.1 Materiales	41
3.5 Protocolos	42

3.5.1 Zona de estudio	42
3.5.2 Delimitación de los puntos de muestreos	42
3.5.3 Presencia de aguas residuales en los diferentes puntos	43
3.5.4 Fase de Campo	43
3.5.5 Fase de Laboratorio	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 Resultados de las medidas “in situ”	46
4.2 Índice ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)	48
4.3 Resultados de los Métodos Shannon y Simpson	49
4.4 Índice Biótico BMWP/Col.....	50
4.5 Índice Biótico Andino (IBA)	51
4.6 Curva de Acumulación.....	53
4.7 Análisis Estadístico	54
4.8 Análisis Parámetros fisicoquímicos	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones.....	60
6. BIBLIOGRAFÍA	62
7. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Puntos de Muestreo	4
Tabla 2	Sitios de los cuatro puntos encontrados	10
Tabla 3	Porcentaje del Índice ETP	21
Tabla 4	Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	22
Tabla 5	Rango de Calidad del Índice BMWP/COL con su respectivo color	23
Tabla 6	Los Criterios de Calidad para Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y de Estuario.....	25
Tabla 7	Parámetros Físicoquímicos con sus Respectivos Equipos y Materiales	26
Tabla 8	Metodología de los Parámetros Físicoquímicos.....	28
Tabla 9	Datos obtenidos en los cuatro puntos	29
Tabla 10	Puntaje del Índice BMWP/Col.....	34
Tabla 11	Puntaje del Índice ABI	36
Tabla 12	Puntajes del Índice de Shannon.....	39
Tabla 13	Tratamientos con su Altitud	40
Tabla 14	Materiales de fase de campo	41
Tabla 15	Materiales y Equipo del Laboratorio.....	42
Tabla 16	Parámetros físicoquímicos en el año 2022 (Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana).....	47
Tabla 17	Identificación del índice de ETP en los cuatro puntos de muestreo.....	48
Tabla 18	Resultados de los Métodos de Shannon y Simpson	49
Tabla 19	Identificación en el Índice Biótico BMWP/Col en los Cuatro Puntos de Muestreo	50
Tabla 20	Método de BMWP/Col de los cuatro puntos	51
Tabla 21	Índice Biótico Andino de los cuatro puntos de muestreo.....	52
Tabla 22	Resultados Índice BMWP/COL y ABI	52
Tabla 23	Resultados de los cuatro puntos con su respectiva familia	53
Tabla 24	Resultados del Análisis Estadístico del primer muestreo.....	54
Tabla 25	Resultado de Análisis Estadístico del primer muestreo	55
Tabla 26	Resultado de Análisis Estadístico del segundo muestreo.....	55
Tabla 27	Resultado de Análisis Estadístico del segundo muestreo.....	55
Tabla 28	Análisis de Parámetros físicoquímicos en la Universidad Politécnica Salesiana ...	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Basura en el sitio.....	5
Figura 2	Evidencia de desperdicios.....	5
Figura 3	Descarga de la fábrica.....	6
Figura 4	Descarga de las viviendas a la quebrada “Las Lanzas”.....	7
Figura 5	Quebrada conejeros	8
Figura 6	Presencia de basura en el sitio	8
Figura 7	Presencia de Vegetación	9
Figura 8	Presencia de basura en la quebrada	10
Figura 9	Subfamilia Orthoclaadiinae	17
Figura 10	Subfamilia Tanypodinae.....	17
Figura 11	Subfamilia Chironominae.....	18
Figura 12	Típula.....	18
Figura 13	Hyallolela.....	19
Figura 14	Hydrobiidae	20
Figura 15	Muestreo con la red D-net	30
Figura 16	Recolección de macroinvertebrados en la quebrada “Las Lanzas”.....	31
Figura 17	Limpieza de los macroinvertebrados	31
Figura 18	Estéreo Microscopio utilizado para el Muestreo	33
Figura 19	Fase de campo utilizando la red D-net	43
Figura 20	Limpieza de macroinvertebrados.....	44
Figura 21	Identificación con el Estéreo Microscopio	45
Figura 22	Clasificación de los macroinvertebrados	45
Figura 23	Comparación de los métodos de Shannon y Simpson.....	49
Figura 24	Familias de cada punto de muestreo.....	51
Figura 25	Comparación entre BMWP/Col vs ABI	53
Figura 26	Curva de acumulación por muestreo	54

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 Método de Shannon.....	38
Fórmula 2 Método de Simpson.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Cobertura Vegetal.....	66
Anexo 2	Quebrada “Las Lanzas”	67
Anexo 3	Registros para Monitoreos de la Quebrada “Las Lanzas”	68
Anexo 4	Presencia de Basura.....	71
Anexo 5	Escombros en la Quebrada	72
Anexo 6	Descargar de las Comunidades y Fábricas a la Quebrada.....	73
Anexo 7	Proceso del Muestre de Macroinvertebrado	74
Anexo 8	Limpieza de Macroinvertebrados	74
Anexo 9	Identificación de Macroinvertebrados.....	75
Anexo 10	Diferentes Macroinvertebrados	76

RESUMEN

En el presente estudio se determinó la calidad de agua por los macro invertebrados como biondicadores en la localidad de Cuendina- Sánchez en el sector de Ama guña en la quebrada “Las Lanzas”, se identificó cuatro punto de muestreo en la zona de interés donde se realizó los muestreos respectivos con sus diez repeticiones por cada punto utilizando la red D-net, se tomó muestras “*in situ*” de cada punto para analizar : pH, Conductividad, Turbidez, Solidos Totales, Temperatura, Oxígeno Disuelto; luego del cual se llevó al laboratorio del Municipio de Rumiñahui las muestras de macro invertebrados y al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana (Parámetro fisicoquímicos). En el Municipio de Rumiñahui se analizó la limpieza y la identificación de los macro invertebrado por cada punto de muestreo, obteniendo en el P1 (421 individuos), P2 (386 individuos), P3 (303 individuos), P4 (204 individuos). La Familia de Dípteros como Chironomidae fue muy abundantes. Se obtuvo el índice de Shannon-Wiener en el P1 (0.1742); P2 (0.2876); P3 (0.2866) tienen baja diversidad de macro invertebrados en el P4 (0,857) tiene media diversidad ; el índice de Simpson en el P1 (0.0604); P2 (0.1141); P3 (0.1302); P4 (0.4728) se obtuvo menos biodiversidad de macro invertebrados; el índice ETP en los cuatro puntos se obtuvo la calidad de agua mala ya que en los resultados salieron con un total del 0%; el índice BMWP/Col en el P1, P3 nos dio como resultado que el agua está fuertemente contaminada, P2 nos indica que el agua está muy contaminada y P4 tenemos como resultado el agua esta dudosa; el índice ABI en el P1 y P3 el rango del índice nos estable que el agua está en estado crítico, en cambio en el P2 y P4 el agua esta dudoso.

Palabras claves: Biondicadores, macro invertebrados, Chironomidae, Shannon-Wiener, Simpson, ETP, BMWP/Col, ABI

ABSTRACT

In the present study, the quality of water will be prolonged through macroinvertebrates as bio indicators in the town of Cuendina-Sanchez in the Amaguaña sector in the “Las Lanzas” stream so that four sampling points were identified in the area of interest where the respective samplings were carried out with their ten repetitions for each point using the D-net network ,”in situ” samples were taken from each point to analyze: pH, Conductivity, Turbidity, Total Solids, Temperature, Dissolved Oxygen ; after which macroinvertebrate samples were taken to the GADMUR laboratory and to the Salesian Polytechnic University laboratory (physicochemical parameters); In the Municipality of Rumiñahui, the cleaning and identification of the macroinvertebrate was analyzed for each sampling point ,obtaining P1 (421 individuals), P2 (386 individuals), P3 (303 individuals), P4 (204 individuals). The macroinvertebrate that obtains the greatest amount in the four points is the Family of Diptera such as Chironomidae, they were very abundant since they are tolerable to contamination. The Shannon-Wiener index was demonstrated in P1, P2, P3 have low diversity of macroinvertebrates in P4 has medium diversity; The Simpson index in the four sampling points, less biodiversity of macroinvertebrates was obtained; the ETP index in the four points, the poor water quality was obtained since in the results they came out with a total of 0%. The BMWP/Col index in P1, P3 gave us the result that the water is heavily contaminated, P2 indicates that the water is highly contaminated an P4 we have the result that the water is doubtful; The ABI index in P1 and P3 the range of the index establishes that the water is in a critical state, while in P2 and P4 the water is doubtful.

Keywords: Bioindicators, macroinvertebrates, Chironomidae, Shannon-Wiener, Simpson, ETP, BMWP/Col, ABI

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

Según Cordero (2018), "La calidad de agua se ve amenazada por las actividades que realizan los seres humanos diario, en el caso de Ecuador los ríos son los principales fuentes de descargas domésticas donde la falta de planificación del territorio y gestión de los municipios se ven afectados" (p.14).

Según Basantes (2015):

Actualmente, la calidad del agua requiere mayor atención por parte de los habitantes y sus actividades diarias. La OMS mantiene la calidad del agua potable es fundamental para el las necesidades diarias. Ecuador se encuentra gravemente amedrentar, las fuentes de agua superficiales son corrompidas por descargas domésticas, productos agrícolas, agua potable, actividades petroleras y mineras, y otros desechos urbanos, casi todos los ríos de nuestro país se encuentran afectados por altos niveles de plaguicidas contaminantes, fertilizantes y fungicidas. La deforestación y la erosión agrícola por malas prácticas aumentan los sedimentos en los cursos de agua naturales (p.18-19).

El término de calidad del aguas , prontamente da su punto de vista en los parámetros fisicoquímico donde integra todos los componentes del ecosistema, además el parlamento Europeo mediante la directiva Marco COM-97 aceptó los parámetros biológicos conocidos por estado ecológico para la medición de la calidad de las aguas (Roldan, 2012, p.11).

Nos menciona Bersosa & Ulloa (2018) “Ecuador es biodiverso y sobre todo tiene demasiados ecosistemas dulceacuícolas localizados desde las zonas alto andinas hasta las regiones tropicales”(p.4).

Los desechos producidos por las actividades industriales crecen día con día y tienen como destino final los ríos, lo que provoca pérdida del hábitat para los organismos que allí habitan. A raíz de esto, la preocupación por evaluar la cantidad de las aguas de ha incrementado y para ello, se han encontrado nuevos métodos de diagnóstico, entre los cuales, los biólogos, junto con los físicos químicos, detectan las perturbaciones, tipo y concentraciones de los contaminantes (Herrera , 2012).

Según Roldan (2012) “Los ecosistemas lóticos se refieren a los ríos, quebradas y arroyos , donde las corrientes son rápidas para determinar a los macroinvertebrados , los cuales tienen adaptaciones físicas como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados para resistir la velocidad de la corriente “ (p.29).

Ciertos macroinvertebrados deben tener una buena calidad de agua para subsistir, por lo contrario cuando hay demasiada contaminación abundan y persisten. Por ejemplo, las moscas de piedra (Plecoptera) sobreviven en agua fuera de contaminación. En cambio, con las larvas o gusanos son tolerantes a la contaminación. También los macroinvertebrados se pueden reproducir en un metro cuadrado y son alimentos de los peces. Además viven en las hojas flotantes, troncos caídos, en el lodo, debajo de las piedras, agua estancada (Carrera & Fierro, 2018,p 20).

En el 2017, GADMUR realizo monitoreo en la quebrada “Las Lanzas”, en los tres tramos: Urbanización Economistas, Las Lanzas y Aguas Arriba Unión La Lanzas –Rio San Pedro están altamente contaminados con parámetros físicos, químicos, donde existen descargar domésticas y descargas de FV (color azul de una industria textil), residuos sólidos en las orillas del rio. En el año 2017 se empezó avisualizar los daños causados por las industrias y comunidades en la quebrada “Las Lanzas,” por ende comenzaron a realizar muestreos físicos y químicos. Sin embargo, no existen estudios de macroinvertebrados en donde basarse si está o no contaminada.

En función a los antecedentes en el presente estudio se implementa monitoreo biológico y con los datos obtenidos (marzo, 2022), verificar si está o no afectando la quebrada que es objeto de estudio, determinando conclusiones y recomendaciones.

1.2 Delimitación

Amaguaña esta localizado en el Valle de los Chillos al sur de la hoya de Guayllabamba, asentada en las faldas de la parte norte del volcán Pas Ochoa que llega a los 4255m sobre el nivel del mar. La altitud promedio de la parroquia de Amaguaña es de 2683 msnm, con una altitud mínima de 1740 msnm y una máxima de 4120 msnm, el clima es templado, tiene una temperatura promedio entre 17 y 18°C, mientras la superficie aproximada es de 62,20 km². Sus límites son: Norte: (Parroquia de Conocoto) ; Sur: (Uyumbicho (Cantón Mejía) ; Este: (Cantón Rumiñahui) ; Oeste: (Uyumbicho, Cutuglahua y Quito), (GAD Parroquial Amaguaña, 2015, p.28).

Nos menciona GAD Parroquial Amaguaña (2015) “La parroquia de Amaguaña se identifican 51 quebradas de estas 24 tienen nombre y 27 no tienen nombre, la Quebrada las lanzas, se encuentra en el orden cinco con una longitud kilómetros de 1,01998461878” (p.42,43).

Se escogieron cuatro puntos para el presente trabajo de investigación.

Tabla 1

Puntos de Muestreo

Puntos	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
Primer punto	Las lanzas	782317	9960836
Segundo punto	Aguas arriba unión Las lanzas	782370	9961865
Tercer punto	Urbanización Economistas	781910	9959016
Cuarto punto	Unión al Rio San Pedro	781560	9962756

Nota. Presentación de las coordenadas de cada punto de muestreo. Elaborado por: La autora.

Tabla 1, la ubicación de los cuatro puntos con sus respectivas coordenadas en la quebrada “Las Lanzas”.

- Primer Punto (P1)

Las lanzas están ubicadas en la vía Amaguaña Sangolquí, se observó descargas domésticas, presencia de basura en la vegetación, roedores. De la misma forma es una zona poblada donde presentan espacios verdes (terrenos abandonados). Ver figura 1 y 2.

Figura 1

Basura en el sitio



Nota. Presentación de basura en la quebrada. Elaborado por: La autora.

En la Figura 1, se observó desperdicios flotando en la quebrada donde hay un mal manejo de desechos sólidos, existen industrias cercanas por ende tiene agua turbia y presencia de olores.

Figura 2

Evidencia de desperdicios



Nota. Desperdicios localizados en el punto uno. Elaborado por: La autora.

Figura 2, observó presencia de basura, escombros, árboles caídos, presencia de aceite en el agua, color del agua es plomo tiene un olor fuerte por la contaminación existen en el punto.

- Segundo Punto (P2)

Agua arriba unión las lanzas está ubicado por la Urbanización del valle, el muestreo se lo realizó cada 100 metros por cada punto, donde se observó presencia de fábricas, descargar domésticas cerca del monitoreo con la presencia de agua color rojo, y una vegetación nativa de (*Phragmites australis*, poaceae). Ver figura 3 y 4.

Figura 3

Descarga de la fábrica



Nota. Presentación de la descarga de la fábrica. Elaborado por: La autora.

En la Figura 3, se evidenció una descarga de la Fábrica cercana a la quebrada donde se observó el agua de color rojo.

Figura 4

Descarga de las viviendas a la quebrada “Las Lanzas”



Nota. Presentación de la descarga doméstica. Elaborado por: La autora.

En la Figura 4, se evidenció una descarga de las comunidades.

- Tercer Punto (P3)

Urbanización Economista, está cerca de las quebradas conejeras, se observó presencia de vegetación (*Phragmites australis*, *poaceae*, *Cucurbita maxima*) y basura en el punto de muestreo, ver figura 5 y 6.

Figura 5

Quebrada conejeros



Nota. La figura muestra basura encontrada. Elaborado por: La autora.

En la Figura 5, se evidenció escombros, árboles caídos en la quebrada, presencia de roedores y vegetación nativa como *Phragmites australis*, musaceae).

Figura 6

Presencia de basura en el sitio



Nota. Muestra basura en el punto. Elaborado por: La autora.

En la Figura 6, se evidenció gran cantidad de basura, plástico en el presente estudio.

- Cuarto Punto (P4)

Unión al Río San Pedro, existe vegetación nativa como (*Phragmites australis*, *poaceae*, *musaceae*, *Cucurbita máxima*) presencia de basura en la quebrada, existen espacios verdes en el sector en el sitio es poco poblada donde no hay presencia vehicular muy a menudo. Ver figura 7 y 8.

Figura 7

Presencia de Vegetación



Nota. La figura muestra la zona vegetal. Elaborado por: La autora.

En la figura 7, se demostró una alta vegetación nativa del sector como *Alocasia odora*, *Alocasia*, *poaceae*, *Phragmites australis*, *Cucurbita máxima*.

Figura 8

Presencia de basura en la quebrada



Nota. La figura muestra presencia de basura. Elaborado por: La autora.

En la figura 8, se observó presencia de escombros, basura, árboles caídos. Los sitios de estudio fueron los siguientes:

Tabla 2

Sitios de los cuatro puntos encontrados

Criterio	P1	P2	P3	P4
Escombros		X	X	
Basura	X		X	X
Plástico	X	X	X	X
Árboles caídos			X	
Roedores	X	X	X	X
Espacios verdes	X			X
Zona poblada	X			X
Vegetación	X	X	X	X
Fabrica		X		
Descargas Domesticas	X	X		

Nota. Presentación de cada elemento encontrado en los puntos establecidos. Elaborado por:

La autora.

1.3 Pregunta de investigación

- ¿Cuál es la calidad de agua en la zona de la quebrada “Las Lanzas”?
- ¿Cuál es la calidad de agua acorde a la contaminación en las “Las Lanzas”?

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Determinar la Biodiversidad y calidad de agua mediante el análisis de bioindicadores para la comprobación del estado de salud del ecosistema acuático en la Quebrada “Las Lanzas”.

1.4.2 Específicos

- Determinar los parámetros ecológicos por medio del índice de monitoreo – BMWP/COL, EPT, índice de ABI, para establecer la cantidad de familia que existente en el agua.
- Analizar estadísticamente el índice de Shannon, Simpson y la curva de acumulación de especie para diagnosticar la riqueza y la equidad de las especies que se encuentran en el ecosistema.
- Establecer la riqueza y abundancia de comunidades macro bentónicas, mediante los índices de calidad de agua.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis de investigación

Diversidad y Abundancia de cada punto son diferentes

1.5.2 Hipótesis Nula

Diversidad y Abundancia de cada punto son iguales

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Agua

Donde nos menciona Buestán (2019), "El agua es un elemento esencial del desarrollo sostenible de las sociedades y naciones"(p.23).

Según (Cordero, 2018)

En la naturaleza existe $1,359 \times 10^{12}$ m³ de agua, cantidad que se ha mantenido constante desde el origen de la tierra. La cantidad de agua dulce disponible es aproximadamente el 3% de agua en el mundo, de la cual el 30,1% proviene de aguas subterráneas y el 0% proviene de aguas superficiales (p.18).

El ser humano contamina las aguas superficiales con frecuencia ya que son de uso diario.

2.2 Calidad del agua

1.2.1 Definición

Según SENAGUA (2016) "Provocando la afectación a las fuentes de agua superficiales y subterráneas donde son las principales fuentes de contaminación donde existe falta de interés de las normas ambientales por ende aumentado drásticamente la contaminación de los recursos hídricos"(p. 30).

Hoy en día las demandas de las industrias, el mal manejo de los residuos y desechos peligrosos, el consumo excesivo de los recursos renovables y no renovables con lleva a un decrecimiento en nuestro entorno.

Nos menciona Beeken (1991) " El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público ,inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida."(p.13).

2.2.2 Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad de agua

Nos menciona (Cordero, 2018):

La calidad de agua tiene tres diferentes aspectos a evaluar que son las variables físicas, químicas y biológica ya que nos ayuda a estudiar por forma separada o grupal; además los parámetros fisicoquímicos nos dan un estudio acerca de la tierra, pero no específicamente del estado acuático; en cambio el parámetro biológico nos ayuda a visualizar la vida existente en el agua, por ende, es recomendado utilizar los tres parámetros para obtener buenos resultados en estudios (p.7-8).

2.2.2.1 Características Físicas

Los parámetros físicos se pueden identificar por los sentidos que es la vista, olfato y gusto además tiene un efecto directo sobre la condición estética y aceptabilidad al beber o usar agua a simple vista. A continuación, los siguientes parámetros:

2.2.2.1.1 pH

El pH incide en fenómenos que ocurren en el agua, tales como corrosión y las incrustaciones existentes en las redes de distribución. Dichos efectos inciden en los procesos de tratamiento de aguas, como coagulación y desinfección. Las aguas naturales no contaminadas exhiben un pH de 6 a 9. (Buestán, 2019,p.26)

2.2.2.1.2 Temperatura

Según Buestán (2019), "Una de los parámetros más interesantes al momento de acelerar la actividad biológica, la absorción de oxígeno ,la precipitación de compuestos ,la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, la floculación ,sedimentación y filtración" (p.26, 27).

2.2.2.1.3 Turbidez

Según Buestán (2019) ,"Es originada por las partículas suspendidas existentes en la

fuelle de agua, lo cual reduce la transparencia de líquido vital (en menor o mayor grado)”(p.27).

2.2.2.1.4 Conductividad

Nos menciona Sotil & Flores (2016),”Es una medida de transferencia de la solución. Corriente informada en microsiems /cm (uS/cm). Además, tiene presencia, movilidad, concentración iones y la temperatura del agua” (p.32).

2.2.2.1.5 Oxígeno Disuelto

Nos informa (Sotil & Flores, 2016):

“Son muy efectivos ya que sirven para la subsistencia de los peces y otros organismos vivos, indica alta carga orgánica causando por aguas residuales”. (p.37.)

2.2.2.2 Características Químicas

Los parámetros químicos son un método para visualizar como está el agua desde su origen industrial o natural, también se puede garantizar su uso o puede perjudicar en el momento de introducir químicos en la vida acuática. A continuación:

2.2.2.2.1 Cloruro

Según Gutiérrez & Sigüenza (2013),”Para analizar en los suministros públicos de agua donde se utiliza cuando existe contaminación en aguas residuales , ya que en las excretas humanas los cloruros se eliminan en aproximadamente la misma cantidad que los ingeridos en la dieta” p.39).

2.2.2.2.2 Nitritos y Nitratos

Estos son compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno, ya que forman parte del ciclo natural del nitrógeno ,las actividades humanas incrementan sus niveles principales en el suelo, ya que es debido a su solubilidad en agua, por lo que llega a alcanzar concentraciones importantes en los ríos o lechos profundos.(Bolaños-Alfaro et al., 2017,p.3).

2.2.2.2.3 DBO

Según Déniz (2010), “ Necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales”(p.24).

2.2.2.2.4 DQO

Según (Déniz, 2010),”Cantidad de oxígeno (mg O₂/l) ya que es necesario para determinar los componentes del agua ” (p.24).

2.3 Recursos Hídricos

Según FLACSO et al., (2008)” El Ecuador es un país rico en recursos hídricos, existe a nivel nacional una esorrentía media total de 432.00 hm³ por año”,(p.12).

Según (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014): También tiene como objetivo salvaguardar los derechos de agua, como regular y controlar la autorización, gestión, protección y restauración de las reliquias culturales. Aprovechamiento, manejo integrado y restauración de los recursos hídricos donde el Sumak Kawsay y los derechos constitucionales (p.3).

2.4 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.(Carrera & Fierro, 2018). Comprenden varios grupos en los cuales se encuentran insectos, moluscos y crustáceos.

2.5 Macroinvertebrados como indicadores

Son organismos que responden a cambios en las condiciones del ecosistema acuático, Su cantidad en el agua señala el grado de contaminación, Presentan muchas especies que no cambian fácilmente de hábitat, Especies de larga vida pueden indicar efectos de

contaminación en el tiempo al cambiar de aspecto o mudarse a un nuevo hábitat.(Singh et al., 2018,p.13)

2.6 Díptera

Orden de insectos de hábitos principalmente terrestres, pero con algunas familias cuyas larvas se desarrollan en agua dulce. Las larvas son de tamaño, forma y color variables, no poseen patas verdaderas (articuladas) pero pueden tener varios pares de expansiones o apéndices locomotores llamados falsas patas o pro-patas. Algunas toman el oxígeno del agua a través del tegumento del cuerpo o de branquias, mientras otras lo hacen a través de espículas abdominales ubicados en el extremo del abdomen o en tubos respiratorios de diversa longitud (González et al., 2018, p.124).

2.6.1 Familia Chironomidae

Son insectos más ampliamente distribuidos y frecuentemente lo más abundantes en aguas continentales, juegan un papel importante en los ecosistemas acuáticos como eslabones en la red trófica al consumir principalmente materia orgánica articulado, alga, hongos y madera. (Oviedo-Machado & Reinoso-Flórez, 2018, p.1)

La familia tiene tres subfamilias que son Orthoclaadiinae, Tanypodinae, Chironominae.

Figura 9

Subfamilia Orthoclaadiinae



Nota. Presentación de la familia Chironomidae Elaborado por: La autora.

Antena con 4-7 segmentos, de tamaño variable muy pequeña a más larga que la cabeza.
Mentón bien esclerotizado. Número, tamaño y posición de sus dientes suele ser característico para separar los géneros. Placas ventromentales poco desarrolladas o vestigiales (Salcedo Gustavson , 2014).

Figura 10

Subfamilia Tanypodinae



Nota. Presentación de la familia Chironomidae Elaborado por: La autora.

Figura 11

Subfamilia Chironominae



Nota. Presentación de la familia Chironomidae Elaborado por: La autora.

2.6.2 Familia Tipulidae

Son conocidos como mosquitos gigantes, zancudos gigantes , se caracteriza por Tres pares de branquias anales alongadas; lóbulos del disco espiráculo con los bordes oscurecidos y una línea central media más clara.(Salcedo Stefany, 2014)

Figura 12

Típula



Nota. Presentación de la familia Tipulidae. Elaborado por: La autora.

2.7 Subphylum Crustáceo

Según Aguirre & Gallego, (2007),“Contiene una gran diversidad donde incluye más de 50000 especies vivientes. Los crustáceos son los únicos artrópodos que tienen dos pares de antenas, presentan apéndices birrámeos y una larva característica denominada *nauplius*” (p.2).

2.7.1 Orden Amphipoda

Los anfípodos carecen de un exoesqueleto altamente rígido, poseen ojos sésiles compuestos y solo un par de maxilípedos. Generalmente presentan una forma comprimida lateralmente, y sus branquias se encuentran en posición torácica. Las extremidades abdominales se encuentran organizadas en dos o más grupos que difieren en forma y función (natación, saltos, locomoción). Existen muchos anfípodos dulces. Su desarrollo es directo sin una verdadera metamorfosis.(Rincón et al., 2017,p.14).

2.7.2 Familia Hyalellidae

Son crustáceos conocidos como os, su distribución Neotropical y algunos son Neárticos. Ver figura 13, (Rincón et al., 2017,p.14).

Figura 13

Hyallela



Nota. Presentación de la familia Hyalellidae. Elaborado por: La autora.

“Las características este género incluyen mandíbulas sin palpo, telson entero. Cada segmento del tórax posee un par de apéndices” (Rincón et al., 2017,p.14).

2.8 Orden Mollusca

Este filo es muy diverso, de las siete clases cinco son exclusivamente marinas, sol los caracoles y las almejas incluyen especies dulceacuícolas. Una de las características de los moluscos es una concha de carbonato de calcio, por lo que requieren relativamente alcalinas (Hanson Paul, Monika Springer, 2010, p.20).

2.8.1 Clase Gastropoda

Según Hanson Paul, Monika Springer (2010) “La mayoría de los caracoles son marinos, también existen especies terrestres con un porcentaje de 5% que viven en agua dulce”(p.2).

Son conocidos como churos,babosas. Ver figura 14.

Figura 14

Hydrobiidae



Nota. Demostración de la familia Gastropoda. Elaborado por: La autora.

2.9 Índice Ecológico

2.9.1 Índice Unimétricos

Según Bersosa & Ulloa, (2018)“Representa un indicador simples que identifica

cambios en la presencia de grupos sensibles o resistentes, en respuesta a una perturbación ambiental determinada”(p.8).

2.9.1.1 ETP (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera)

Los índices porcentuales que utilizan este indicador biólogo son muy comunes y los dípteros, quironómidos tienen alto grado de contaminación. Cuestionaron el uso de este método solo para determinar la calidad de agua, ya que el comportamiento de las especies se correlaciona con el nivel de perturbación .(Bersosa & Ulloa, 2018,p.8)

Tabla 3

Porcentaje del Índice ETP

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

Nota. Presentación de los puntajes establecidos en el índice ETP. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Carrera & Fierro, 2018,p.35).

En la tabla 3, están los porcentajes que establecen Carrera y Fierro.

2.10 Índice Bióticos

El más antiguo de los índices por Kolwitz & Marsson, y es utilizado desde 1908, es conocido como el índice de los saprobios en el que se combina la presencia, la abundancia, y el grado de intolerancia a la contaminación por parte de toda la comunidad de organismos acuáticos, es decir, no es exclusivo para los macro invertebrados (Bersosa & Ulloa, 2018,p.9).

2.10.1 Índice Biótico Andino (IBA)

Para los ecosistemas que se encuentran en la región alto andina, tomando en cuenta que la altitud es uno de los aspectos naturales que influyen en la diversidad de macroinvertebrados. Este indicador mejora su fiabilidad al combinar la diversidad y abundancia de los taxones con los valores de tolerancia e intolerancia de los macroinvertebrados hacia las perturbaciones que puedan existir (Bersosa & Ulloa 2018, p.14).

Tabla 4

Puntajes para calidad del agua según el índice ABI

Calidad de Agua	Puntuación
Muy Bueno	>96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	<14

Nota. Presentación de los rangos respectivos al índice ABI. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Basantes, 2015,p.35).

En la tabla 4, se demuestra la puntuación específica para cada calidad de agua de muy bueno hasta pésima con sus diferentes colores establecidos en la imagen.

2.11 Índice Multimétricos

2.11.1 Índice BMWP/COL

Este índice establece un rango de calidad desde muy crítica hasta buena teniendo como valor máximo un puntaje mayor a 150 y como mínimo un puntaje menor a 15. (Basantes, 2015, p.34).

Tabla 5*Rango de Calidad del Índice BMWP/COL con su respectivo color*

Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	Agua muy limpia, no contaminada o poco alterada	
II	Aceptable	61-100	Agua ligeramente contaminada	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Nota. Presentación de rango establecido y su respectivo color para identificar. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Basantes, 2015, p.34).

2.12 Índices Estadísticos

2.12.1 Índice de Diversidad de Shannon

Según Flores(2019) ,”Shannon-Wiener es uno de los indicadores más populares entre ecologistas y biólogos. Mide el grado medio de incertidumbre sobre que predecir, las especies pertenecerán a individuos seleccionados al azar del conjunto donde se analiza a los individuos de cada comunidad” (p.13).

El índice de Shannon tiene un rango limitado para clasificar la diversidad establecida en cada punto de muestreo del estudio, está entre (0- 1,5) establece baja diversidad, (1,6 – 2,9) es mediana diversidad y entre (3 – 4,5) está como alta diversidad.

2.12.2 Índice de Simpson

Según Molina, (2020):

Es un índice de probabilidad cuyo resultado siempre fluctúa entre 0 y 1 donde establece

que 0 significa homogeneidad completa, en cambio 1 diversidad completa, la probabilidad de sacar al azar dos elementos dentro de una comunidad dada, estos pertenecen a diferentes especies o categorías. De esta forma: el índice permite hacer dos cosas: considere la intensidad de la diversidad dentro de la comunidad y establecer una comparación entre las diversidades de las comunidades que se encuentre en cada muestreo. (p.4)

2.12.3 Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación está relacionada en los inventarios biológicos y favorece su comparación, da una mejora organización del trabajo del muestreo tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios positivos y suponer el número observado. (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003, p.2-3).

2.13 Marco legal

Las normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, son los siguientes: Consumo humano y uso doméstico, Prevención de la vida acuática y silvestre, uso Agrícola o de riego, Uso Pecuario. Para el estudio se utilizó criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.(MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015,p.12)

(MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) plantean que se entienda como el uso del agua para proteger la fauna acuática y sostener la vida natural sin causarles cambios, o realizar actividades que permitan a los ecosistema la producción, supervivencia, crecimiento y extracción.

Tabla 6

Los Criterios de Calidad para Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y de Estuario.

Parámetro	Expresados	Unidad	Agua Dulce
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Nitratos	NO ₃	mg/l	13
DQO	DQO	mg/l	40
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20

Nota. Presentación de los requisitos que debe cumplir el agua dulce. Elaborado por: La autora con información obtenida de (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño experimental

Se utilizó la lista de chequeos para los cuatro puntos establecidos donde se identificó los escombros, basura, plástico, árboles caídos, roedores, espacios verdes, zona poblada, vegetación, fábrica, descargas domésticas.

3.1.1 Parámetros Físicoquímicas en el laboratorio

Tabla 7

Parámetros Físicoquímicos con sus Respective Equipos y Materiales

Parámetros	Equipos	Materiales
pH	pH-metro	Vaso de precipitación Muestra de agua
Turbidez	Turbidímetro	Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada
Oxígeno Disuelto	Oxímetro	Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada
Sólidos Totales	Horno Mufla Desecador Balanza analítica	Pinza Crisoles Muestra de agua Pipeta Propipeta
Temperatura	pH-metro	Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada
Conductividad	pH-metro	Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada
Nitratos	Fotómetro	Muestra de agua Reactivos Pipeta Propipeta
Nitritos	Fotómetro	Muestra de agua Reactivos

DQO	Fotómetro Digestor	Pipeta Propipeta Viales de DQO Jeringa de 10ml Gradilla Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada
DBO	Incubadora Oxímetro Aireador Agitar magnético	Frascos Winker Varillado Agitación Imán Sulfato de Magnesio Regulador de pH 7 Cloruro férrico Cloruro de calcio
Cloruros	Fotómetro	Muestra de agua Reactivos Pipeta Propipeta

Nota. Presentación de los equipos y materiales que se utilizaron en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana. Elaborado por: La autora.

En la tabla 7, los parámetros físicos químicos con sus respectivos equipos que se utilizó con cada material respectivo para la realización del muestreo correspondiente.

3.1.2 Métodos de los parámetros Físicoquímicos

Tabla 8*Metodología de los Parámetros Físicoquímicos*

Parámetros	Metodología
pH	4500-H+ A y 4500-H+B
Turbidez	2130 A y 2130 B
Oxígeno Disuelto	4500-O G
Sólidos Totales	2540 A y 2540 B
Temperatura	4500-H+ A y 4500-H+B
Conductividad	4500-H+ A y 4500-H+B
Nitritos	4500-NO ₂ - E
Nitratos	4500-NO ₃ - E
Cloruro	5540 A y 5540 C
DBO	5210 B
DQO	5220 D

Nota. Presentación de la metodología de cada parámetro físicoquímico. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Standard Methods Ed. 23, 2017).

En la tabla 8, se analizó cada parámetro físicoquímico con sus respectivos métodos para los análisis establecidos en el estudio a realizar.

3.1.3 Ancho, Profundidad, Velocidad

Se realizó (marzo ,2022) en la quebrada “La Lanzas” con la compañía del Departamentos de Protección Ambiental del GADMUR, donde se obtuvo los datos de los cuatro puntos.

Tabla 9

Datos obtenidos en los cuatro puntos

Punto	Ancho (m)	Velocidad (m/s)	Profundidad (m)
P1	2,30	2,10	0,30
P2	12,50	2,30	1,40
P3	2,80	0,80	0,18
P4	2,10	2,17	1,10

Nota. Datos de ancho, profundidad y velocidad de la quebrada. Elaborado por: La autora.

3.2 Muestreo

3.2.1 Recolección y muestreo de macroinvertebrados

Utilización de la metodología de (Carrera –Fierro) en la quebrada “Las Lanzas”, se realiza investigación cualitativa utilizando la red D-net, verificación de hipótesis establecidas y obtener datos de campo y laboratorio. Se establece 10 repeticiones en los cuatro puntos sobre los macroinvertebrados, cubriendo aproximadamente 1 m² dentro de cada punto de muestro.

Ver figura 15.

Figura 15

Muestreo con la red D-net



Nota. Presentación de la recolección de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora.

Para realizar los muestreos, consistió en insertar la red D-net que se utilizó para el proyecto experimental al fondo en sentido opuesto de la quebrada “Las Lanzas”, después se pone en la parte de al frente con un ayudante para que remueva el material con los pies para que se obtenga un mejor resultado. Ver figura 16

Figura 16

Recolección de macroinvertebrados en la quebrada “Las Lanzas”



Nota. Presentación de la recolección de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora.

Se coloca las muestras en una bandeja blanca, se limpia y separa todos los organismos vivos y los desechos como ramas que aparecen en la red D-net, con pinzas entomológicas y se coloca en los frascos con alcohol al 75% los cuales son previamente señalizados con la ubicación.

Figura 17

Limpieza de los macroinvertebrados



Nota. Presentación de la limpieza de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora.

Se registró información en la tabla de campo: como las coordenadas geográficas del río, las fechas en que se realizó el muestreo, una breve descripción del hábitat y las medidas de descarga definidas por el clima y aproximaciones de las tasas de descarga. Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3.

Se procedió a la identificación con su respectiva rotulación de cada macroinvertebrado en el laboratorio del Municipio de Rumiñahui, se tomaron fotografías en el sitio de muestreo, se procedió a etiquetarlas en un tubo edenfor de 1,5ml para su posterior entrega en el Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional.

3.2.2 Identificación de macroinvertebrados

La identificación se lo realizo en el laboratorio del Municipio de Rumiñahui (GADMUR), con un estéreo microscopio Digital Cámara 14MP optima color CMOS Ultra-Fine color engine inside (MU1400) AMScope, una caja Petri de vidrio para colocar a los macroinvertebrados, y dos agujas para poder manipular a los macroinvertebrados y poder identificarlos de mejor manera. Ver en la figura 18.

Figura 18

Estéreo Microscopio utilizado para el Muestreo



Nota. Presentación del estéreo microscopio utilizado para la identificación. Elaborado por: La autora.

Se identificó morfológicamente cada uno de los macroinvertebrados con ayuda del manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la micro cuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú (Salcedo Gustavson Stefany, 2014) también por la guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos alto andinos del cantón Cuenca (González et al., 2018) y por último de los macroinvertebrados de los ríos del Parque Nacional Cajas (Rincon et al., 2017).

3.2.3 Cálculo de Caudal, Ancho y Velocidad y Profundidad

En el siguiente estudio se calculó el ancho, la velocidad y la profundidad de los cuatro puntos, utilizando la hoja de campo y los conocimientos adquiridos para determinar el caudal.

3.2.4. Cálculo del índice BMWP/Col

Tiene un rango para cada familia de 10 como indicadores de agua buena hasta el 1 como indicadores de mala calidad.

Tabla 10*Puntaje del Índice BMWP/Col*

Clase/Orden	Fauna de Colombia	BMWP/Col
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10
Plecoptera	Gripopterygidae, Perlidae	
Trichoptera	Odontoceridae	
Coleoptera	Psephenidae	
Diptera	Athericidae, Blephariceridae	
Trichoptera	Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae	9
Coleoptera	Ptilodactylidae	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarcyidae	
Trichoptera	Helicopsychidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Polycentropodidae	8
Diptera	Simuliidae	
Odonata	Gomphidae, Polythoridae, Megapodagrionidae	
Ephemeroptera	Leptohiphidae	7
Coleoptera	Hydraenidae, Scirtidae	
Megaloptera	Corydalidae	
Odonata	Calopterygidae	
Trichoptera	Limnephilidae, Hydroptilidae	
Odonata	Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae	6
Gastropoda	Ancylidae	
Hemiptera	Corixidae, Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliidae, Hebridae	
Diptera	Dixidae, Psychodidae	
Coleoptera	Dryopidae, Lutrochidae	
Ephemeroptera	Baetidae	5
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae, Dytiscidae, Noteridae	
Lepidoptera	Pyalidae	
Trichoptera	Hydropsychidae	
Diptera	Tipulidae	
Hemiptera	Belostomatidae, Gerridae, Nepidae, Veliidae	
Gastropoda	Hydrobiidae, Ampullaridae	

Ephemeropta	Caenidae	4
Coleoptera	Hydrophilidae, Haliplidae , Heteroceridae, Gyrinidae	
Diptera	Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Stratiomyidae	
Hemiptera	Pleidae, Gelastocoridae	
Hidracarina		
Gastropoda	Planorbiidae, Physidae, Lymnaeidae	
Decapoda	Aeglidae, Palaemonidae	
Veneroidea	Sphaeriidae	
Amphypoda		
Ostracoda		
Tricladida	Planariidae	
Nematoda		
Diptera	Muscidae	3
Clitellata	Hydrophylidae	
Hirudinea	Glossiphoniidae	
Diptera	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
Bivalvia	Hyriidae	1
Oligochaeta		

Nota. Rango establecido por el índice BMWP/Col. Elaborado por: La autora con información tomado de (Jacobo et al., 2020).

En la tabla 10, demuestra los puntajes establecidos por el índice de BMWP/Col que tienen las diferentes familias con sus diferentes clasificaciones establecidos para establecer la calidad de agua.

3.2.5 Cálculo del índice ABI

Primero se realizó la clasificación de los macroinvertebrado por familia, al finalizar se determinó con su respectivo puntaje a cada uno de los individuos y así se podrá observar el punto con menos contaminación en la quebrada “Las Lanzas”.

Tabla 11*Puntaje del Índice ABI*

Clase/Orden	Familia	Valor ABI
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
	Bivalvia	Sphaeriidae
Amphipoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		3
Hydrachnidia		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuriidae	10
	Odonata	Aeshnidae
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coanagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4

	Naucoridae	5	
Trichoptera	Helicopsychidae	10	
	Calamoceratidae	10	
	Odontoceridae	10	
	Leptoceridae	8	
	Polycentropodidae	8	
	Hydroptilidae	6	
	Xiphocentronodae	8	
	Hydrobiosidae	8	
	Glossosomatidae	7	
	Hydropsychidae	5	
	Anomalopsychidae	10	
	Philopotamidae	8	
	Limnephilidae	7	
	Ptilodactylidae	5	
Coleoptera	Lampyridae	5	
	Psephenidae	5	
	Scirtidae(Helodidae)	5	
	Staphylinidae	3	
	Elmidae	5	
	Dryopidae	5	
	Gyrinidae	5	
	Diptera	Blephariceridae	10
		Simuliidae	5
		Tabanidae	4
Ceratopogonidae		4	
Muscidae		2	
Ephydriidae		2	

Nota. Presentación del rango establecido en el índice de IBA. Elaborado por: La autora con información de (Paz, 2012,p.43).

En la tabla 11, se demuestra el valor establecido en cada familia con su respectiva clasificación del Índice de IBA, para analizar la calidad de agua respecto al valor estándares.

3.2.6 Cálculo del Índice ETP

Este análisis se lo realizó con ayuda del manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos. Nos menciona (Carrera & Fierro, 2018).

Este análisis se lo hace por medio de tres grupos que son indicadores de la calidad del agua. Además, son los siguientes Ephemeroptera o mosca de mayo, Plecóptera o mosca de piedra y Trichoptera.

En el proceso de análisis de las familias establecidas en la tabla 7, procedemos anotar el número de individuos en abundancia y la suma de todos los macroinvertebrados por cada familia, determinando la sumatoria de los individuos en ETP presentes y dividido para el total de abundancia nos da un resultado que es el valor de la relación en porcentaje de Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras

El resultado obtenido nos da el rango en que se encuentra la muestra analizada correspondiente a los diferentes puntos de muestreos.

3.2.7 Cálculo del Método de Shannon

El método de Shannon, utilizando la siguiente formula 1:

Fórmula 1

Método de Shannon

$$H = -\sum (p_i * \frac{\log p_i}{\log 2})$$

H= Índice de Shannon

Ni = número de individuos

$$P_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

Para calcular el método de Shannon se utilizó el programa Past 4.03.

Tabla 12

Puntajes del Índice de Shannon

Rango	Diversidad
0-1.5	Baja diversidad
1.6-2.9	Mediana diversidad
3-5	Alta diversidad

Nota. Presentación de la diversidad dependiendo el rango de cada familia existente. Elaborado por: La autora.

En la tabla 12, demuestra los rangos para establecer la diversidad mediante una formula se pudo establecer en cada punto cuanta diversidad de macroinvertebrados existen.

3.2.8 Cálculo del Método de Simpson

Se calculó con la siguiente formula 2:

Fórmula 2

Método de Simpson

$$S = 1 - \sum p_i^2$$

S= Índice de Simpson

$P_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ (abundancia relativa)

Ni= número de individuos

$D = \sum p_i^2$ (dominancia)

Para calcular el método de Simpson donde se utilizó el programa Past 4.03

3.3 Diseño estadístico

Análisis de varianza y una prueba de tukey con el 5% de significancia conforme se ve

en los resultados obtenidos.

3.3.1 Población y muestra

En la quebrada “Las Lanzas” se consideró cuatro puntos de muestreo de macroinvertebrados, localizado en el Barrio Cuendina- Sánchez; realizados en Mayo 2022 con la presencia y asesoría del Departamento de Protección Ambiental del Municipio de Rumiñahui y la aprobación por el Ministerio del Ambiente del Ecuador MAATE.

3.3.2 Variables

3.3.2.1 Variable Independiente

Tabla 13

Tratamientos con su Altitud

Código de tratamiento	Descripción (m)
Tratamiento 1	2551 - 2548
Tratamiento 2	2548 - 2540
Tratamiento 3	2540 - 2538
Tratamiento 4	2538 - 2531

Nota. Presentación de las altitudes de los cuatro tratamientos. Elaborado por: La autora.

En la tabla 13, tratamientos y altitudes en los puntos de muestreo.

3.3.2.2 Variable Dependiente

Macroinvertebrados acuáticos donde determinamos el BMWP/COL, ETP, ABI, índice de Shannon, Índice de Simpson, Curva de acumulación de especies, pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos Totales, Oxígeno Disuelto, Turbiedad.

3.4 Recolección de datos

3.4.1 Materiales

3.4.1.1 Fase de Campo

Tabla 14

Materiales de fase de campo

Materiales	Reactivos
La red tipo D-NET	Alcohol 75 %
Traje de pescador	
Guantes	
Funda Ziploc (18x20) cm	
Caja Petri	
Cooler pequeño	
Flexómetro	
Pinzas Entomológicas	
Tamiz artesanal	
Frascos de plástico de 250ml	
Pipetas pasteur	
Microtubos de 1, 3, y 10ml	

Nota. Presentación de materiales utilizados en el muestreo. Elaborado por: La autora.

Tabla 14, materiales de fase de campo utilizados en el muestreo.

3.4.1.2 Fase de Laboratorio

Tabla 15*Materiales y Equipo del Laboratorio*

Materiales	Equipos	Reactivos
Etiquetas	Estéreo Microscopio (Am Scope)	Alcohol 75%
Bandeja de metal	Refrigeradora	Agua destilada
Jarras y recipientes		
Lupa		
Tamices 5,1,01 mm		
Frascos pequeños		
Picetas		
Caja Petri		
Crisol		
Pinzas de relojero		
Tubo de ensayo con tapa de rosca		

Nota. Presentación de materiales y equipos utilizados en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana y laboratorio del GADMUR. Elaborado por: La autora.

En la tabla 15, equipos y materiales utilizados en el estudio para establecer la calidad de agua.

3.5 Protocolos

3.5.1 Zona de estudio

El área establecida en el presente estudio (quebrada “Las Lanzas”), se define en base a las características actuales, la presencia y ubicación de empresas privadas, comunidad asentada en las riberas, área de zonas secas y lluviosas; para definir la calidad de agua en los puntos y su posible acción en las zonas asentadas aguas abajo.

3.5.2 Delimitación de los puntos de muestreos

Para delimitar los puntos, se realizó una ficha de campo, observando la presencia de

basura en la quebrada como fundas, plásticos (pañales), vasos desechables entre otros, áreas verdes, cerramiento en un terreno abandonado con presencia de animales y vegetación, diversidad de árboles en la rivera de la quebrada, zona poblada, se observó negocios y fábricas.

3.5.3 Presencia de aguas residuales en los diferentes puntos

Se observó presencia de agua residual que provienen de las industrias, mercado, doméstica e institucional. Por ende, se analizó la calidad de agua con ayuda de los macroinvertebrados para determinar la contaminación del agua en ese sector.

3.5.4 Fase de Campo

En cada punto de muestreo se realizó 10 repeticiones de macroinvertebrados aproximadamente 1 m² dentro de los puntos, donde se realizó la investigación cualitativa usando la red D-net. Se introdujo la red D-net en sentido opuesto para poder remover el material con los pies, después procedemos a colocar en fundas ziploc las muestras recogidas. Además, se revisó la red D-net que quede completamente vacía para que no quede restos de residuos. Ver figura 19.

Figura 19

Fase de campo utilizando la red D-net



Nota. Presentación de la recolección de los macroinvertebrados. Elaborado por: La autora.

3.5.5 Fase de Laboratorio

3.5.5.1 Cuantificación de los macroinvertebrados

Materiales de los macroinvertebrados se utiliza los siguientes:

- Alcohol al 75%
- Pinzas entomológicas
- Frascos pequeños
- Lupa.
- Tubo edenfor
- Caja Petri
- Refrigeradora

Figura 20

Limpieza de macroinvertebrados



Nota. Presentación de los diferentes macroinvertebrados que se obtuvo en los puntos.
Elaborado por: La autora.

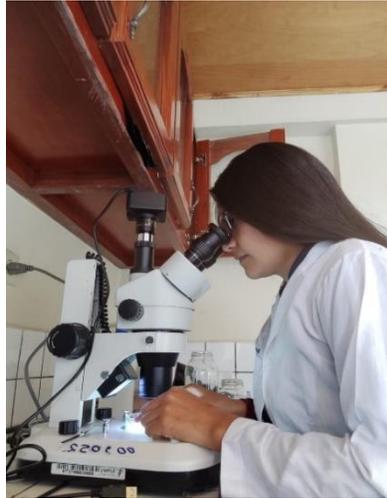
3.5.5.2 Análisis en el Estéreo Microscópico

Limpieza de los organismos vivos (individuos) en el laboratorio del GADMUR, clasificando y señalizando las muestras obtenidas en los diferentes puntos de muestreo y la

verificación de la familia, con la ayuda del Manual de : González et al., (2018),Carrera & Fierro, (2018), Rincon et al,2017).

Figura 21

Identificación con el Estéreo Microscopio



Nota. Presentación de identificación de cada macroinvertebrado con ayuda del estéreo microscopio. Elaborado por: La autora.

Figura 22

Clasificación de los macroinvertebrados



Nota. Presentación de la clasificación y conteo de cada macroinvertebrados. Elaborado por: La autora.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de las medidas “in situ”

En la tabla 16, resultados a los parámetros fisicoquímicos: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Nitratos, Nitritos, DBO5, DQO. Realizados en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 16*Parámetros fisicoquímicos en el año 2022 (Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana)*

Parámetro		Temperatura	Potencial Hidrógeno	Turbidez	Oxígeno Disuelto	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Demanda Química de Oxígeno	Sólidos Totales	Nitratos	Nitritos	Cloruros
Código muestreo	Referencia	°C	U pH	NTU	% de saturación	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l
P1	Las Lanzas	17.4	7.56	9,8	10,5	7,8	14,8	210,7	2.16	0,044	5.86
P2	Agua Arriba Unión Las Lanzas	18,9	11.02	10,8	12,7	7,8	15,6	189,2	5.72	0,159	11.86
P3	Urbanización Economistas	19.0	7.03	11,4	15,8	9,2	18,4	352,4	2.06	0,010	13.19
P4	Unión Río San Pedro	18,8	7.89	4,90	20,1	9,65	19,3	329,5	3.24	0,0023	13.78
					>80 No aplica	20	40 No aplica	1600	13	0,2	1000

Nota. Presentación de los parámetros fisicoquímicos realizados en los cuatro puntos del muestreo. Elaborado por: La autora.

En la siguiente tabla podemos observar que existe una alta contaminación en los cuatro puntos.

En Oxígeno disuelto las concentraciones en el agua dulce varían entre 10,5 – 20,1 dicho de otra manera los valores son menores al 80% denotan deterioro en la calidad del agua.

En el parámetro pH en el P2 (11.02) se observó un valor extremo donde afecta el sabor del agua y sus efectos corrosivos en los sistemas resulta un problema para los habitantes del sector.

En el parámetro de la turbiedad del P1 (9,8); P2(10,8); P3 (11,4); P4 (4,90) no se cumple, las industrias hayan vertido agua contaminada o desechos que contenían cierto grado de contaminación.

El parámetro DQO no se cumple porque existe ganado, materia orgánica se incrementa en los cuatro puntos establecidos.

4.2 Índice ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Tabla 17

Identificación del índice de ETP en los cuatro puntos de muestreo

Clasificación	Orden	Abundancia Punto 1	Abundancia punto 2	Abundancia punto 3	Abundancia punto 4
Ceratopogonidae	Díptera	30	31	9	15
Chironomidae	Díptera	12	4		1
Tipulidae	Díptera	1	15		1
TOTAL		44	134	24	42
EPT TOTAL /ABUNDANCIA TOTAL		ABUNDANCIA TOTAL	0	0	0

Nota. Demuestra el puntaje del Índice ETP. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Carrera & Fierro, 2018).

En la tabla 17, se verifica en los cuatro puntos de muestreo, no se encontró ningún macroinvertebrado de las familias establecidas en el índice ETP, estableciendo que la calidad de agua es mala ya que tenemos como resultado cero en los cuatro puntos.

4.3 Resultados de los Métodos Shannon y Simpson

Tabla 18

Resultados de los Métodos de Shannon y Simpson

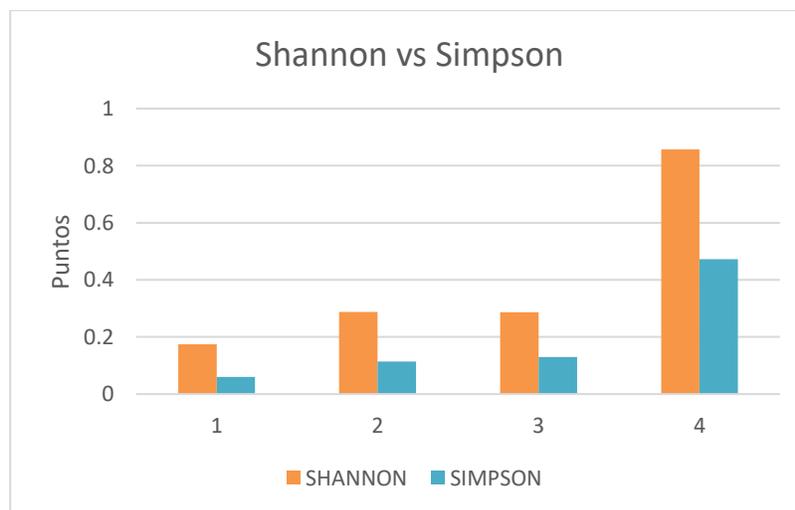
Puntos	Shannon	Simpson
1	0,1742	0,0604
2	0,2876	0,1141
3	0,2866	0,1302
4	0,857	0,4728

Nota. Presentación de los dos métodos en cada punto de muestreo. Elaborado por: La autora.

Tabla 18, se observa el método de Shannon los cuatro puntos la diversidad es baja, en cambio en el método de Simpson se observa una baja biodiversidad en los cuatro puntos de muestreo.

Figura 23

Comparación de los métodos de Shannon y Simpson



Nota. Presentación de los métodos estudiados. Elaborado por: La autora.

En la figura 23, podemos observar que en el punto cuatro en el método de Shannon como en el de Simpson tiene un elevado con un valor de 0,857 y 0,4728 donde explica que tienen baja diversidad por los dos métodos

4.4 Índice Biótico BMWP/Col

Tabla 19

Identificación en el Índice Biótico BMWP/Col en los Cuatro Puntos de Muestreo

Clase/Orden	Familia	BMWP/Col (Rango)
Ephemeroptera	Baetidae	5
	Elmidae,Staphylinidae,Dytiscidae,	
Coleoptera	Noteridae	
Lepidoptera	Pyralidae	
Trichoptera	Hydropsychidae	
Diptera	Tipulidae	
Hemiptera	Belostomatidae,Gerridae,Nepidae,Veliidae	
Gastropoda	Hydrobiidae,Ampullaridae	
Ephemeroptera	Caenidae	4
Coleoptera	Hydrophilidae,Haliplidae,Heteroceridae,Gyrinidae	
	Ceratopogonidae,	
Diptera	Dolichopodidae,Empididae,Tabanidae,Stratiomyidae	
Hemiptera	Pleidae,Gelastocoridae	
Hidracarina		
Gastropoda	Planorbiidae,Physidae,Lymnaeidae	
Decapoda	Aeglidae,Palaemonidae	
Veneroidea	Sphaeriidae	
Amphypoda		
Ostracoda		
Tricladida	Planariidae	
Nematoda		
Diptera	Muscidae	3
Hirudinea	Glossiphoniidae	
Diptera	Chironomidae,Culicidae,Ephydriidae	2
Bivalvia	Hyriidae	1
Oligochaeta		

Nota. Presentación del puntaje del Índice BMWP/Col. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Jacobo et al., 2020)

Figura 24

Familias de cada punto de muestreo

ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	1	2	3	4	Total general
Amphipoda	Hyaellidae	Hyallega sp.	1	3	2	4	10
Clitellata	Tubificidae	tubifex	1	1			2
Diptera	Chironomidae	Chironominae	408	363	282	139	1192
		Orthoclaadiinae	2				2
		Tanypodinae	8	14		10	32
	Tipulidae	Tipula	1				1
Molusco	Gasteropoda	N.D			18	50	68
		Hydrobiidae		5			5
Tricladida	Planariidae	Gen.Indet.			1	1	2
Total general			421	386	303	204	1314

Nota. Familias y cantidades de los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: La autora

Tabla 20

Método de BMWP/Col de los cuatro puntos

Punto	Rango	Significado	Calidad
P1	30	Agua muy contaminada	Crítico
P2	39	Aguas están contaminadas	Dudosa
P3	26	Agua muy contaminada	Crítico
P4	43	Aguas están contaminadas	Dudosa

Nota. Presentación del método BMWP/Col en cada punto de muestreo. Elaborado por: La autora.

Tabla 20, el método de BMWP/Col se observa que existe agua muy contaminada ya en estado crítico y contaminado en estado dudoso en los cuatro puntos de muestreo.

4.5 Índice Biótico Andino (IBA)

Tabla 21*Índice Biótico Andino de los cuatro puntos de muestreo*

Punto	Rango	Significativo	Calidad
P1	27	Agua muy contaminada	Crítico
P2	36	Agua contaminada	Dudoso
P3	26	Agua muy contaminada	Crítico
P4	41	Agua contaminada	Dudoso

Nota. Presentación del método ABI en cada punto de muestreo. Elaborado por: La autora.

Tabla 21, están los cuatro puntos con su respectiva explicación para ver en qué estado se encuentra la quebrada “Las Lanzas”.

Tabla 22*Resultados Índice BMWP/COL y ABI*

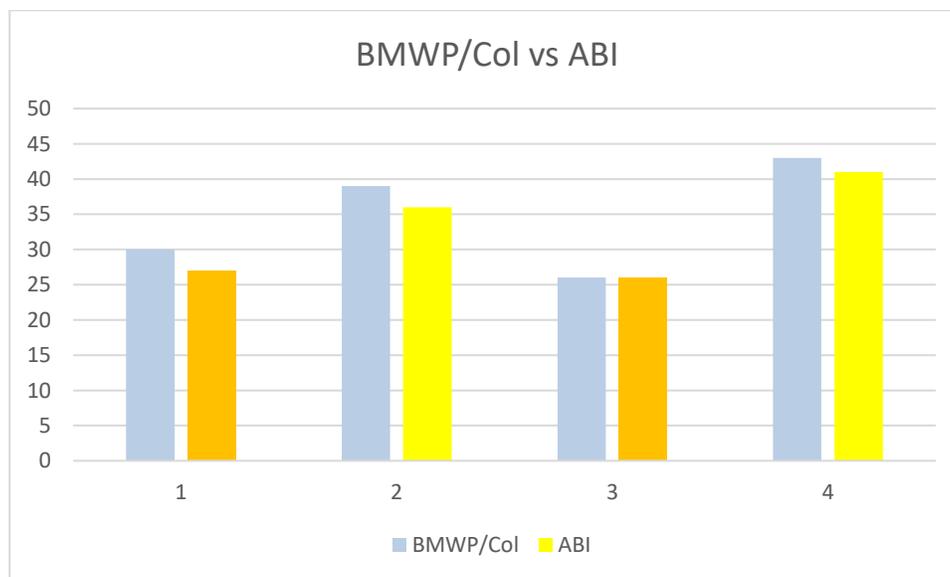
Punto	BMWP/Col	ABI
P1	30	27
P2	39	36
P3	26	26
P4	43	41

Nota. Presentación de los resultados de los índices. Elaborado por: La autora.

Tabla 22, esta los obtenidos de los cuatro puntos de muestreo del presente estudio.

Figura 25

Comparación entre BMWP/Col vs ABI



Nota. Presentación de los índices comparativos. Elaborado por: La autora.

En la figura 25, en el punto cuatro en los dos índices BMWP/Col y ABI nos indican que el agua está contaminada con un estado dudoso.

4.6 Curva de Acumulación

Tabla 23

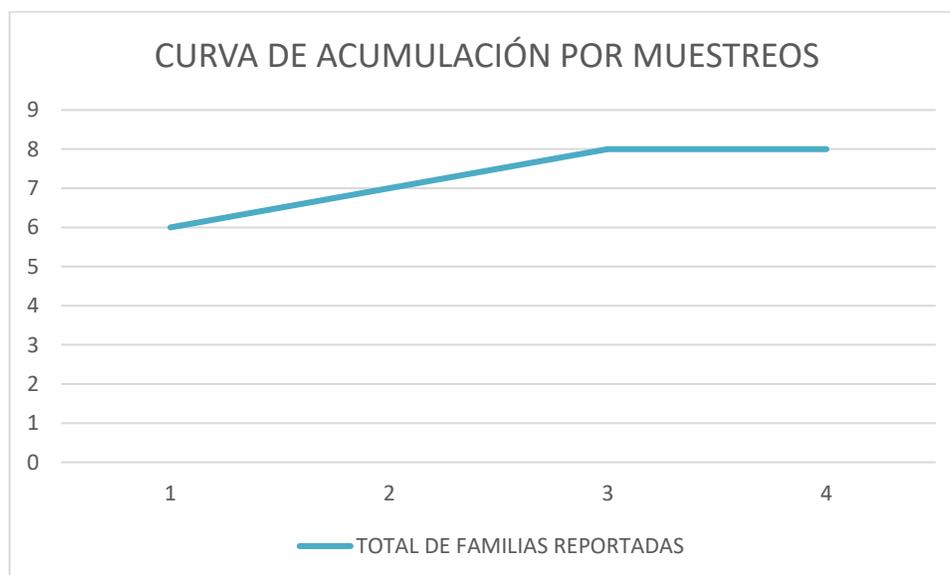
Resultados de los cuatro puntos con su respectiva familia

Muestreo	Total de familias reportadas
1	6
2	7
3	8
4	8

Nota. Presentación de los resultados de la curva de acumulación. Elaborado por: La autora.

Figura 26

Curva de acumulación por muestreo



Nota. Presentación de la curva de acumulación por muestreos. Elaborado por: La autora.

4.7 Análisis Estadístico

Tabla 24

Resultados del Análisis Estadístico del primer muestreo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	469,225	1	469,225	0,0319493	0,859088552	4,098171731
Dentro de los grupos	558088,75	38	14686,54605			
Total	558557,975	39				

Nota. Presentación del análisis de varianza del primer muestreo. Elaborado por: La autora.

En la tabla 24, en la comparación de los grupos de Simpson y Shannon podemos observar el valor F que es 0.0319493 significa que es menor a 0,05; por lo que la hipótesis es significativa y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 25*Resultado de Análisis Estadístico del primer muestreo*

Group 1	Group 2	mean	Std err	q-stat	lower	upper	p-value	Mean-crit	Cohen d
Simpson	Shannon	6,85	27,0985	0,25278	70,7329	84,43293	0,85908855	77,5829316	0,056524

Nota. Presentación de la prueba de tukey en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

En la tabla 25, En la comparación de los grupos Simpson y Shannon podemos observar el valor de p-value que es 0,85908855 significa que es mayor a 0,05 la hipótesis no es significativa por lo tanto se acepta la hipótesis.

Tabla 26*Resultado de Análisis Estadístico del segundo muestreo*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	15,625	1	15,625	0,00350491	0,859088552	4,098171731
Dentro de los grupos	169405,35	38	4458,03553			
Total	169420,975	39				

Nota. Presentación el análisis de varianza del segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

En la tabla 26, en la comparación de los grupos de Simpson y Shannon podemos observar el valor F que es 0,00350491 significa que es menor a 0,05; por lo que la hipótesis es significativa y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 27*Resultado de Análisis Estadístico del segundo muestreo*

Group1	Group2	mean	Std err	q-stat	lower	upper	p-value	Mean-crit	Cohen d
Simpson	Shannon	1,25	14,9298	0,0837246	41,494290	43,994290	0,905310126	42,744290	0,056524

Nota. Presentación del análisis de varianza del segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

En la tabla 27, en la comparación de los grupos Simpson y Shannon podemos observar el valor de p-value que es 0,95310126 significa que es mayor a 0,05 la hipótesis no es significativa por lo tanto se acepta la hipótesis.

4.8 Análisis Parámetros fisicoquímicos

Tabla 28

Análisis de Parámetros fisicoquímicos en la Universidad Politécnica Salesiana

Parámetro	Repeticiones	Primer Punto	Segundo Punto	Tercer Punto	Cuarto Punto
Nitratos	R1	6,0	5,9	7,0	14,8
	R2	11,1	4,3	2,6	27,7
	R3	5,9	3,3	3,1	14,6
Nitritos	R1	52	50	53	51
	R2	52	51	52	52
	R3	51	51	52	52
DBO	R1	7,8	8,2	7,7	8,0
	R2	7,9	8,1	7,8	7,9
	R3	8,0	7,9	7,9	7,8
DQO	R1	14,8	14,7	15,7	16,8
	R2	14,5	14,9	15,9	16,6
	R3	14,3	15,0	14,9	16,2
Cloruro	R1	5,78	23,5	28,8	33,5
	R2	14,6	26,8	30,6	33,9
	R3	9,8	15,7	31,6	34,2

Nota. Presentación de los resultados de las tres repeticiones. Elaborado por: La autora.

En la tabla 28, las tres repeticiones establecidas en cada parámetro fisicoquímico.

En general, en todos los estudios se analiza parámetros fisicoquímicos y biológicos donde

son difíciles de detectar porque sus efectos ya están mitigados varios kilómetros más abajo y solo puede detectarse cuando ocurre la situación. Es por eso que se escogió los macroinvertebrados porque nos ayudan a detectar con más claridad donde existen rango de todas las familias de macroinvertebrados, se realizó análisis donde nos indica si existe alteraciones en los parámetros fisicoquímicos, Por eso se escogió cuatro puntos de muestreo cerca de las industrias y descargas ya que son lugares presumiblemente contaminados: pH, turbidez, Oxígeno disuelto, Solidos totales, DBO, DQO, Nitritos, Nitratos y Cloruros.

El muestreo se lo realizó en una época lluviosa donde los datos fueron analizados y se comparó con el 097-A Refórmese el texto Unificado de Legislación Secundaria en la Tabla 2: Criterio de Calidad Admisibles es para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marinas y de estuarios. El parámetro de la Turbidez aumenta y disminuye en los diferentes puntos, se sobrepasa en el punto 2 y 3 “se cree que la época lluviosa afecto ya que aumento al material arrastrado por los efectos de la escorrentía”(Escandón Guachichilca & Cáceres Vintimilla, 2022,p.67). Sobrepasando los valores límites permisibles.

Hay metodologías donde se puede apreciar cómo se encuentra la calidad del agua en general, los impactos ambientales que genera el ser humano; donde se verificó presencia de agua residuales que provienen de las industrias, mercados, aguas domésticas e institucionales donde afecta.

Nos permitió realizar el índice se BMWP/Col, ETP, ABI, Índice de Shannon, Índice de Simpson donde se pudo analizar la calidad de agua con los rangos definidos para cada método.

Los siguientes macroinvertebrados fueron encontrados en el estudio de la quebrada “Las Lanzas”: Chironomidae, Hydrobiidae, Orthocladiinae, Tanypodinae, Tipula, Tubifex, Hyallela. Nos menciona los autores (Kleine, P.; Trivinho-Strixino, 2005), (Hahn-vonHessberg

et al., 2009), (Hunt & Company, 2015), Nos dan una breve información sobre los macroinvertebrados acuáticos en sus diferentes toma muestreos como es en un arroyo de primer orden: respuesta comunitaria tras la fragmentación del hábitat, en la estación Piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia, también por An Introduction to Aquatic Insects of North América. Nos explican los diferentes autores sobre su alta diversidad de macroinvertebrados que coinciden en sus resultados; la familia Chironomidae (Dípteros), esta determinados e identificados en las muestras de los puntos p1, p2, p3 y p4 establecidos como puntos de muestreos en el presente estudio,

Según (Mauricio Campos, 2012) “Son organismos indulgente o tolerantes a la contaminación son aquellos que incrementan o que al menos no disminuyen su población sensiblemente en aguas con malas condiciones fisicoquímicas ,presentan una tolerancia intermedia”(p.17).

Además la familia Chironomidae (Dípteros), son tolerantes a la contaminación o al menos no disminuye su población sensiblemente en aguas con malas condiciones fisicoquímicas como las determinadas en el presente estudio en la quebrada “Las Lanzas” . Los dípteros de la familia Chironomidae son los insectos más ampliamente distribuidos y, frecuentemente, los más abundantes en aguas continentales, donde juegan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos como eslabones en la red trófica; al consumir materia orgánica particulada, algas, hongos, polen, a otros invertebrados acuáticos y restos de animales. (Oviedo-Machado & Reinoso-Flórez, 2018,p.1)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los parámetros biológicos determinados en el presente estudio de los macroinvertebrados y adicional a los parámetros fisicoquímicos (DQO, DBO y Nitratos) nos dan la calidad de agua.
- En los P1 y P4 al comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se concluye que tienen un alto grado de contaminación, evidenciando presencia de Chiromidaenae, Tanypodinae, Orthocladiinae, Gasterópodo, Hyallela, Tubifex, Tipula.
- El índice de Shannon-Wiener (diversidad), da como resultado una diversidad mediana (rango de 0,25 a 1,2364) y Índice de Simpson da como resultado una diversidad muy baja (rango de 0,060 a 0,4728) por lo que se concluye que índice de Shannon-Wiener nos da un dato confiable con el programa past para el presente estudio.
- El índice de BMWP/Col, se analizó en el P1 y P3 el agua es fuertemente contaminadas donde tiene un color rojo, el P3 el agua es muy contaminada con un color anaranjado y el P4 el agua es dudosa con un color amarillo, en cambio el índice ABI los resultados son en el P1 y P3 es Crítica en cambio en el P2 y P4 es Dudoso.
- El Índice ETP nos arrojó una respuesta de cero ya que en el estudio realizado no se encontró las familias Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras por ende nos da como resultado en los cuatro puntos que la calidad de agua es mala porque está en el rango de 0-24%.

5.2 Recomendaciones

- El Departamento de Protección Ambiental del Municipio de Rumiñahui, en su programa anual debe establecer monitores biológicos periódicos para monitorear la calidad de agua de la quebrada “Las Lanzas”.
- Realizar monitoreo en diferentes épocas seca y lluviosa, para determinar los índices establecidos por épocas y poder monitorear la vida acuática.
- Plan de Control y mejoramiento de la calidad de agua de la quebrada” las Lanzas’ objeto del estudio, entre los Organismos del Estado Ministerio de Ambiente (MAATE) y Salud, Organismos Seccionales, GADMUR, Empresas Privadas acantonadas en el área.
- Establecer un Plan de Entrenamiento/Capacitación con la Dirección del Departamento de Protección Ambiental del Municipio de Rumiñahui y la participación de los departamentos del área Ambiental de las Empresas Privadas del sector y los clubes Ambientales de los Establecimientos de Educación Media (Escuelas y Colegios).
- Dar Impulso a los Clubes Ambientales de los Colegios y Escuelas del Sector en base a programas de Control de los desechos generados en su área.
- Establecer programas de Salud de las comunidades de aguas abajo del área de estudio con la Dirección del área de Salud de Rumiñahui con el objeto de establecer control de salud de la población acantonada en el sector.
- Es necesario que la Comunidad y las industrias cercanas tenga un plan de manejo de desechos, plan de mitigación, tener charlas a cerca del problema detectado y monitoreado por el presente estudio que tiene la quebrada “Las Lanzas”, para que junto al Municipio de Rumiñahui se pueda lograr un programa Ambiental a corto, mediano y largo plazo.

- Los índices BMWP/Col, ABI, ETP; son eficientes al momento de ser calculados para determinar cómo está la calidad de agua y así poder utilizarlas en un futuro, a través de programas de reutilización y mejoramiento del recurso hídrico.
- En función de las conclusiones y recomendaciones del presente estudio se debe realizar para los ríos principales y efluentes tanto en el área urbana y rural en los ríos del Ecuador, obteniendo una contribución ambiental, de salud y social para la comunidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-urreta, B., & Gallego, O. F. (2007). *Chapter · January 2007. January.*
- Basantes, M. B. T. (2015). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO “ DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO ” Portada.*
- Beeken, J. (1991). *Const. Toegepaste Taalwetenschap in Artikelen, 40, 169–175.*
<https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha, 30(4), 15.* <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Buestán, J. C. (2019). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. In *Tesis.*
- Carrera, C., & Fierro, K. (2018). Macroinvertebrados Acuáticos. In *Ecociencia (Vol. 2).*
<http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Cordero, H. (2018). Evaluación de la calidad del agua del río san pedro, sector valle de los chillos, mediante el índice de calidad de agua. *Dspace.Uce.Edu.Ec/.*
- Déniz, F. A. (2010). *Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa.* 1–200.
http://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/2/0622200_00000_0000.pdf
- Escandón Guachichilca, C. G., & Cáceres Vintimilla, M. E. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 1–147.*
<https://3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F21649%2F1%2FUPS-CT009509.pdf&clen=4759140>
- Fabián Bersosa, C. U. (2018). *Utilización de índices evaluadores de la calidad del agua, basados en bioindicadores, en ecuador. 15, 6–22.*
- FLACSO, MAE, & PNUMA. (2008). Estado del agua. *Geo Ecuador 2008: Informe Sobre El Estado Del Medio Ambiente., 10.*
- Flores, S. (2019). Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil.

Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia, 17(17), 215–238.

GAD Parroquial Amaguaña. (2015). Actualización Plan De Territorial. *GAD Parroquial de Amaguaña - D.M.Q.* http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768119350001_DOCUMENTO_DE_ACTUALIZACION_DEL_DIAGNOSTICO_DEL_GADP_AMAGUAN_A_24-06-2015_17-48-06.pdf

González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2018). Guía rápida para identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 160.

[https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA MACROINVERTEBRADOS.pdf](https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA_MACROINVERTEBRADOS.pdf)

Gutiérrez Sarmiento, D. L., & Sigüenza Torres, M. L. (2013). *Estudio Comparativo Y Estadístico De La Calidad De El Agua Potable En Las Redes De Distribución De La Parroquia Guapán Del Cantón Azogues*. 50.

Hahn-vonHessberg, C. M., Ricardo Toro, D., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G. M., & Serna-Uribe, L. (2009). Determinación de la Calidad del Agua mediante Indicadores Biológicos Y Físicoquímicos, En La Estación Piscícola, Universidad De Caldas, Municipio De Palestina, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(2), 89–105. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682009000200007&script=sci_arttext&tlng=es

Hanson Paul, Monika Springer, & Alonso R. (2010). *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. 58, 3–37.

Hunt, K., & Company, P. (2015). An Introduction to Aquatic Insects of North America Richard W . Merritt , Kenneth W . Cummins y Martin B . Berg (eds .). 2008 . An introduction to the aquatic insects of North America , 4a edición . *Revista Mexicana de Biodiversidad*, August 2010.

Jacobo, J., Sanabria, L., & Pérez Barriga, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija. *Acta NOVA*, 9(4), 569–591.

Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la

- necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161.
- Kleine, P.; Trivinho-Strixino, S. (2005). Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream : community response after habitat fragmentation . *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(1), 81–90.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Título I. Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. *Registro Oficial Suplemento N° 305*, 68. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>
- MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. *Libro VI, Anexo 5*, 184.
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>
http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
- Mauricio Herrera Campos. (2012). *Calidad del agua en la Microcuenca del Río Tibas* (E. A. Española (ed.); Editorial).
- Molina, S. A. V. (2020). *Midiendo la diversidad : Aplicación del Índice de Simpson en la ciudad de*.
- Oviedo-Machado, N., & Reinoso-Flórez, G. (2018). Ecological aspects of Chironomidae larvae (Diptera) of the Opia river (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 101–109. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>
- Paz, M. C. de la. (2012). *María Cristina de la Paz Andrea Encalada , Ph . D . , Directora de Tesis*.
- Rincon, J., Rojas, D., & Sparer, A. (2017). *Macroinvertebrados de los Ríos del Parque Nacional Cajas* (Issue June).
- Roldan, G. (2012). *Los macroinvertebrados con bioindicadores de la calidad del agua*.
- Salcedo Gustavson Stefany, T. A. F. (2014). *Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú*. 1–116.
- SENAGUA. (2016). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 97. <https://n9.cl/1klc>
- Singh, R. J., Pandiyan, K., Singh, A., Singh, S., Saxena, A. K., Nain, L., Ghosh, S. S. S. S., Chowdhury, R., Bhattacharya, P., Pereira, G. F., de Bastiani, D., Gabardo, S., Squina, F.,

Ayub, M. A. Z., Song, Y., Cho, E. J., Park, C. S., Oh, C. H., Park, B. J., ... Nain, L. (2018). Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Instituto De Ciências Básicas Da Saúde Programa De Pós-Graduação Em Microbiologia Agrícola E Do Ambiente. *Bioresource Technology*, 6(3), 581–597.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.091><https://doi.org/10.1016/j.biotechnol.2019.03.002><https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.016><http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.015><http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.225>
ps:/

Sotil, L., & Flores, H. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán - Loreto, 2016*. 94, 1–77.
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4156>

7. ANEXOS

Anexo 1

Cobertura Vegetal



Nota. Demuestra la vegetación del los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: La autora.

Anexo 2

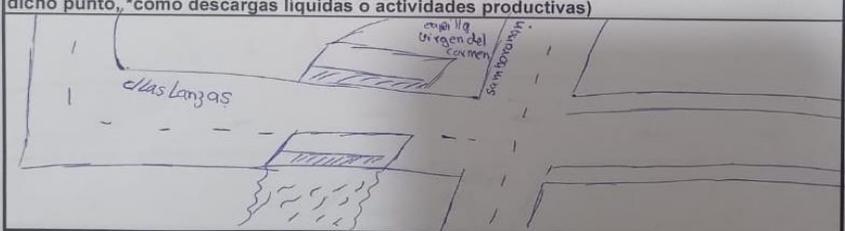
Quebrada “Las Lanzas”



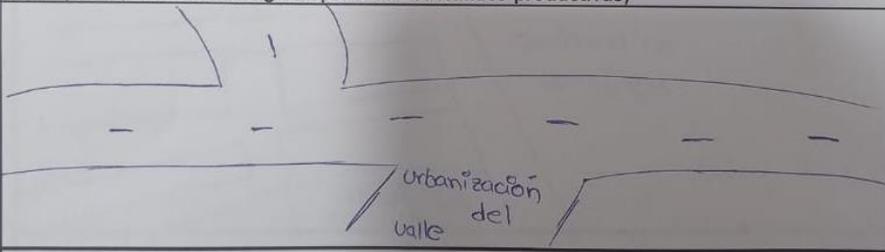
Nota. Demuestra los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: La autora.

Anexo 3

Registros para Monitoreos de la Quebrada "Las Lanzas"

	REGISTRO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS DENTRO DEL CANTÓN DE SANGOLQUÍ		CODIGO: ET-GAM-MA-F-009 No. REV.: 04 No. PAG.: 1
	Ficha del punto inspeccionado		No. de Ficha
Río Monitoreado	Quebrada las lanzas		Código del punto
Fecha de Monitoreo:	12/02/2022		Laboratorio a cargo
Nombre del Punto	A4		Sitio o sector
Ubicación (WG84) UTM 17 S	X	0782317	Ruta*
	Y	9960836	
	ALTURA	±5m	
Factores Antropogénicos (Identificar las actividades que se realicen en el área de influencia del punto a monitorear, describir las características del agua al momento del monitoreo y georeferencia la actividad más significativa)			
Color: No Olor: Si Turbidez: No			
Croquis del punto inspeccionado (incluye las actividades que se encuentren afectando a dicho punto, *como descargas líquidas o actividades productivas)			
			
Observaciones (Accebilidad, dificultades durante el monitoreo, representatividad del punto)			
Presencia de Basura, Vegetación, descargas en el punto de monitoreo			
Responsable de la DPA (Nombre y Firma)		Responsable del Laboratorio (Nombre y Firma)	
(Empty space for signature)		(Empty space for signature)	
Nota: El formato se completará una sola vez en el año, siempre y cuando no cambien las características físicas del punto monitoreado y de la muestra obtenida.			

Nota. Demuestra los registros de monitoreo. Elaborado por: La autora.

	REGISTRO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS DENTRO DEL CANTÓN DE SANGOLQUÍ		CODIGO:ET-GAM-MA-F-009 No. REV.: 04 No. PAG.: 1
	Ficha del punto inspeccionado		No. de Ficha
Río Monitoreado	Quebrada las lanzas	Código del punto	
Fecha de Monitoreo:	12/05/2022	Laboratorio a cargo	A.L.S
Nombre del Punto	A5	Sitio o sector	Aguas arriba Unión Las lanzas
Ubicación (WG84) UTM 17 S	X 0782370 Y 9964865 ALTURA ± 5m	Ruta*	
Factores Antropogénicos (Identificar las actividades que se realicen en el área de influencia del punto a monitorear, describir las características del agua al momento del monitoreo y georeferenciar la actividad más significativa)			
olor : SI Color : NO Turbidez : SI			
Croquis del punto inspeccionado (incluye las actividades que se encuentren afectando a dicho punto, *como descargas líquidas o actividades productivas)			
			
Observaciones (Accebilidad, dificultades durante el monitoreo, representatividad del punto)			
Descargas cerca del punto de monitoreo, Quebrada las lanzas el cuerpo de agua presenta color rojo			
Responsable de la DPA (Nombre y Firma)		Responsable del Laboratorio (Nombre y Firma)	
<small>Nota: El formato se completará una sola vez en el año, siempre y cuando no cambien las características físicas del punto monitoreado y de la muestra obtenida.</small>			

Nota. Demuestra los registros de monitoreo. Elaborado por: La autora.

	REGISTRO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS DENTRO DEL CANTÓN DE SANGOLQUI		CODIGO: ET-GAM-MA-F-009 No. REV.: 04 No. PAG.: 1
	Ficha del punto inspeccionado		No. de Ficha
Río Monitoreado	Quebrada las Lanzas	Código del punto	
Fecha de Monitoreo:	12/05/2022	Laboratorio a cargo	A.L.S
Nombre del Punto	A6	Sitio o sector	Urb. Economistas
Ubicación (WG84) UTM 17 S	X 7819 10	Ruta*	
	Y 9959016		
	ALTURA		
Factores Antropogénicos (Identificar las actividades que se realicen en el área de influencia del punto a monitorear, describir las características del agua al momento del monitoreo y georeferencia la actividad más significativa)			
color : No olor : No turbidez : No			
Croquis del punto inspeccionado (incluye las actividades que se encuentren afectando a dicho punto, *como descargas líquidas o actividades productivas)			
			
Observaciones (Accebilidad, dificultades durante el monitoreo, representatividad del punto)			
Presencia de vegetación y basura en el punto de monitoreo.			
Responsable de la DPA (Nombre y Firma)		Responsable del Laboratorio (Nombre y Firma)	
<small>Nota: El formato se completará una sola vez en el año, siempre y cuando no cambien las características físicas del punto monitoreado y de la muestra obtenida.</small>			

Nota. Demuestra los registros de monitoreo. Elaborado por: La autora

Anexo 4

Presencia de Basura



Nota. Demuestra la presencia de basura en los cuatro puntos del monitoreo. Elaborado por: La autora.

Anexo 5

Escombros en la Quebrada



Nota. Demuestra la presencia de escombros en la mitad de la quebrada en los cuatro puntos del monitoreo. Elaborado por: La autora.

Anexo 6

Descargar de las Comunidades y Fábricas a la Quebrada



Nota. Demuestra las descargas que van directamente a la quebrada “Las Lanzas” en los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: La autora

Anexo 7

Proceso del Muestre de Macroinvertebrado



Nota. Los pasos que se realizó en los cuatro muestreos de macroinvertebrados

Anexo 8

Limpieza de Macroinvertebrados



Nota. El proceso de limpieza de los cuatro puntos para clasificar a los macroinvertebrados de la tierra, escombros. Elaborado por: La autora.

Anexo 9

Identificación de Macroinvertebrados



Nota. Demuestra cómo se identificó cada macroinvertebrado de los cuatro puntos del muestreo.
Elabora por: La autora.

Anexo 10

Diferentes Macroinvertebrados



Nota. Demuestra los diferentes macroinvertebrados encontrados en la quebrada “Las Lanzas”.
Elaborado por: La autora