



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTUDIO DE MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CAUDAL ECOLÓGICO EN
LA MICROCUENCA “RÍO CINTO”, SECTOR LLOA, CANTÓN QUITO. (2023)**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: PAMELA ABIGAIL BRICEÑO CHUGCHILAN

TUTOR: EDWIN RODRIGO ARIAS ALTAMIRANO

Quito - Ecuador

2024

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

Yo, Pamela Abigail Briceño Chugchilan con documento de identificación N.º 1751123454
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, 21 de febrero del año 2024

Atentamente,



Pamela Abigail Briceño Chugchilan
1751123454

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

Yo, Pamela Abigail Briceño Chugchilan con documento de identificación No. 1751123454, 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 autora del Trabajo Experimental: “Estudio de macroinvertebrados acuáticos y caudal ecológico en la microcuenca “Río Cinto”, sector Lloa, cantón Quito. (2023)”, 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, 21 de febrero del año 2024

Atentamente,



Pamela Abigail Briceño Chugchilan
1751123454

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Arias Altamirano con documento de identificación N° 1710165869, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DE MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CAUDAL ECOLÓGICO EN LA MICROCUENCA “RÍO CINTO”, SECTOR LLOA, CANTÓN QUITO. (2023), realizado por Pamela Abigail Briceño Chugchilan con documento de identificación N° 1751123454, 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, 21 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Edwin Rodrigo Arias Altamirano MSc.
1710165869

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Darwin y Olga quienes han sido pilar fundamental de mi vida y etapa universitaria, gracias por su apoyo, consejos, amor y por brindarme la facilidad de estudiar, por formarme como buena persona, adquirir sus valores y sobre todo el valor de la resiliencia ante las situaciones a las que me veía enfrentada día a día.

A mis hermanos Alex y Evelyn quienes desde su llegada han sido mi mayor inspiración y felicidad.

A mi ángel en el cielo mamita María, mi abuela, este logro es más suyo que mío, se lo prometí y hoy lo estoy cumpliendo.

A mis abuelos paternos Gilbert y Celia por siempre darme su bendición y ponerme en sus oraciones para poder terminar mis estudios universitarios.

A mis amigos, Daniela por su amistad a lo largo de los años y por estar conmigo en los buenos y malos momentos siempre. Alex y Nathi porque su amistad me acompañó durante esta etapa y la hizo más llevadera.

Pamela Abigail Briceño Chugchilan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a quienes formaron parte de mi vida universitaria, a pesar de las dificultades que como estudiante atravesé me siento orgullosa por ver cumplido una meta.

Agradezco a Dios por ser mi guía a lo largo de mi vida y guiarme por un buen camino, así mismo a mis amigos que la universidad me regalo e hicieron esta etapa más amena.

Un agradecimiento extenso a los ingenieros que impartieron sus conocimientos y consejos que llevare en mi corazón.

Un sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Ing. Edwin Arias Msc por su acompañamiento, paciencia y guía para culminar este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
1.INTRODUCCION	1
1.1 Problema	1
1.2 Delimitación.....	3
1.2.1 Punto 1 (Páramo).....	3
1.2.2 Punto dos (Ganadería)	4
1.2.3 Punto Tres (Zona Urbana)	5
1.2.4 Punto Cuatro (Minería).....	6
1.2.5 Punto Cinco (Piscicultura)	7
1.2.6 Punto Seis (Planta de tratamiento de aguas residuales).....	8
1.3 Pregunta de investigación	9
1.4 Objetivos	9
1.4.1 General.....	9
1.4.2 Específicos	9
1.5 Hipótesis	9
1.5.1 Hipótesis de investigación	9
1.5.2 Hipótesis Nula.....	9
2. FUNDAMENTACION TEORICA	10
2.1 Agua	10
2.2 Microcuenca.....	10
2.3 Características morfométricas de la microcuenca.....	10
2.3.1 Área de drenaje.....	10
2.3.2 Perímetro de la cuenca.....	10
2.3.3 Forma de la cuenca hidrográfica	10
2.3.4 Índice de compacidad de la cuenca	11
2.3.5 Factor de forma de la cuenca	11
2.3.6 Altitud media de la cuenca.....	12
2.3.7 Pendiente de la cuenca.....	12
2.3.8 Cuenca hipsométrica.....	13
2.4 Calidad del agua.....	13
2.5 Macroinvertebrados.....	13
2.6 Bioindicadores de calidad del agua.....	13
2.7 Red Surber	14
2.8 Índice Biótico Andino (ABI)	14

2.9 Índices de Diversidad	15
2.9.1 Biodiversidad	15
2.9.2 Componentes de biodiversidad	15
2.10 Índices alfa (α) y beta (β)	15
2.11 Índice de Margalef.....	16
2.12 Índice de diversidad Shannon	16
2.13 Índice Simpson.....	16
2.14 Caudal Ecológico	17
2.14.1 Método Tennant.....	17
2.14.2 Normativa aplicable.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Diseño.....	18
3.2 Población y muestra	18
3.3 Variables.....	18
3.3.1 Variable Independiente.....	18
3.3.2 Variable Dependiente	19
3.4 Recogida de datos	19
3.4.1 Toma de puntos geográficos	19
3.5 Estudio de macroinvertebrados.....	20
3.5.1 Fase de campo	20
3.5.2 Materiales de fase de campo muestreo de macroinvertebrados	20
3.6 Protocolo.....	21
3.6.1 Recolección y muestreo de macroinvertebrados.....	21
3.7 Fase de laboratorio	22
3.7.1 Materiales fase de laboratorio identificación y clasificación de macroinvertebrados.....	23
3.8 Evaluación de calidad del agua por el Índice Biótico Andino (ABI).....	24
3.9 Cálculo de diversidad alfa (α) y beta (β).	26
3.10 Caudal Ecológico	30
3.10.1 Aforo de caudal	30
3.10.2 Método del flotador	30
3.11 Implementación método Tennant en software Phyton	35
4. RESULTADOS Y DISCUSION	37
4.1 Resultados de características morfométricas de la microcuenca río Cinto	37
4.2 Resultados de identificación y clasificación de macroinvertebrados.....	38
4.2.1 Primer muestreo de los 6 puntos de muestreo.....	38
4.2.2 Segundo muestreo de los 6 puntos de muestreo.....	39
4.2.3 Tercer muestreo de los 6 puntos de muestreo	40

4.3 Resultados del Índice Biótico Andino (ABI).....	42
4.4 Curva de acumulación	44
4.5 Resultados diversidad alfa (α) y beta (β).....	45
4.6 Primera muestra	45
4.6.1 Índice alfa (α)	45
4.6.2 Índice beta (β).....	46
4.7 Segunda muestra	47
4.7.1 Índice alfa (α)	47
4.7.2 Índice beta (β).....	47
4.8 Tercera muestra.....	48
4.8.1 Índice alfa (α)	48
4.8.2 Índice beta (β).....	49
4.9 Resultados de Caudal Ecológico- Método Tennant	50
4.9.1 Resultado de datos de caudal por el método del flotador	50
4.10 Determinación de caudal ecológico al 10%, 30% y 60% por el método Tennant en Phyton	49
4.10 Estimaciones del caudal optimo.....	50
4.11 Propuestas de conservación	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1 Conclusiones	54
5.2 Recomendaciones	56
6. BIBLIOGRAFIA.....	58
7.ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Índice ABI con el rango de calidad del agua	14
Tabla 2	Operación de la variable independiente	18
Tabla 3	Puntos de muestreo macroinvertebrados y determinación de caudal ecológico	19
Tabla 4	Listado de materiales utilizados en la fase de campo.....	20
Tabla 5	Listado materiales de la fase de laboratorio macro invertebrados	23
Tabla 6	Puntaje del Índice ABI	25
Tabla 7	Índices de diversidad alfa y beta	26
Tabla 8	Materiales para medición caudal	30
Tabla 9	Rangos del Método Montana	35
Tabla 10	Resultados del primer muestreo	38
Tabla 11	Resultados del segundo muestreo	39
Tabla 12	Resultados del tercer muestreo.....	40
Tabla 13	Índice Biótico Andino en los 6 puntos del primer muestreo	42
Tabla 14	Índice Biótico Andino en los 6 puntos del segundo muestreo	42
Tabla 15	Índice Biótico Andino en los 6 puntos del tercer muestreo	43
Tabla 16	Resultados de la abundancia del primer muestreo	44
Tabla 17	Resultados de la abundancia del segundo muestreo.....	44
Tabla 18	Resultados de la abundancia del tercer muestreo	44
Tabla 19	Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra uno	45
Tabla 20	Diversidad Simpson Muestra uno	45
Tabla 21	Diversidad Shannon – Wiener Muestra uno	45
Tabla 22	Índice Simpson Muestra uno.....	46
Tabla 23	Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra dos.....	47
Tabla 24	Diversidad Simpson Muestra dos.....	47
Tabla 25	Diversidad Shannon – Wiener Muestra dos	47
Tabla 26	Índice Simpson Muestra dos	48
Tabla 27	Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra tres	48
Tabla 28	Diversidad Simpson Muestra tres.....	49
Tabla 29	Diversidad Shannon – Wiener Muestra tres.....	49
Tabla 30	Índice Simpson Muestra tres	49
Tabla 31	Ejemplos de datos tomados para campaña de aforo.....	50
Tabla 32	Datos de caudal máximo de los meses de septiembre, octubre y noviembre..	50
Tabla 33	Caudal ecológico al 10%	49
Tabla 34	Caudal ecológico al 30%	49
Tabla 35	Caudal ecológico al 60%	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Punto páramo	4
Figura 2 Punto Ganadería.....	4
Figura 3 Evidencia presencia de estiércol en el punto dos.....	5
Figura 4 Evidencia de presencia de caballos.....	5
Figura 5 Evidencia de arrojo de desechos sólidos.....	6
Figura 6 Evidencia cantera ubicada en el punto cuatro.....	6
Figura 7 Evidencia de piscina de truchas	7
Figura 8 Evidencia de tubería de descarga directa al río Cinto.....	7
Figura 9 Evidencia del punto PTAR	8
Figura 10 Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales Lloa.	8
Figura 11 Delimitación de la microcuenca del río Cinto	20
Figura 12 Muestreo Red Surber	21
Figura 13 Recolección de macroinvertebrados	22
Figura 14 Estéreo microscopio.....	23
Figura 15 Materiales para identificación de macroinvertebrados	24
Figura 16 Área seleccionada para el aforo	31
Figura 17 Medición de 10 m de largo	31
Figura 18 Estacas unidas con la cinta.....	32
Figura 19 Medición del ancho.....	32
Figura 20 Medición de la profundidad.....	33
Figura 21 Tiempo que se tarda en recorrer la pelota plástica.....	33
Figura 22 Curva Hipsométrica río Cinto.....	37
Figura 23 Grafico de caudales mensuales	51
Figura 24 Diagrama de cajas para los 3 meses.....	49
Figura 25 Caudal ecológico mínimo en el río Cinto	50
Figura 26 Caudal ecológico recomendable en el río Cinto	51
Figura 27 Caudal ecológico excelente para el río Cinto	51

ÌNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Índice de compacidad (K_c).....	11
Ecuación 2	Factor de forma de la cuenca (K_f).....	11
Ecuación 3	Altitud media de la cuenca	12
Ecuación 4	Pendiente de la cuenca.....	12
Ecuación 5	Velocidad.....	34
Ecuación 6	Ancho	34
Ecuación 7	Profundidad	34
Ecuación 8	Tiempo total.....	34
Ecuación 9	Caudal.....	35

ÌNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Toma de coordenadas geograficas.....	61
Anexo 2	Ubicación de puntos de muestreo.....	62
Anexo 3	Proceso de aforo de caudal.....	63
Anexo 4	Proceso de muestreo de macroinvertebrados	64
Anexo 5	Identificación de macroinvertebrados	65
Anexo 6	Macroinvertebrados presentes en la muestra uno.....	66
Anexo 7	Macroinvertebrados presentess en la muestra dos.....	69
Anexo 8	Macroinvertebrados encontrados en la muestra tres	72
Anexo 9	Comandos para la determinación de caudal ecológico en Phyton	78

RESUMEN

La microcuenca río Cinto, tiene gran importancia por actividades de ganadería, piscicultura y turismo de la zona.

El presente trabajo de investigación se enfocó en el estudio macro invertebrados acuáticos y determinación del caudal ecológico del río Cinto, para macro invertebrados se analizó 6 puntos de muestreo que fueron considerados por uso de suelo con 3 repeticiones, el método implementado para recolección de macroinvertebrados fue la red surber, se identificó y clasifíco un total de 11 ordenes y 22 familias entre los organismos con mayor abundancia se encuentran la familia: *Gamarridae*, *Tubicidae*, *Oligochaeta* y *Baetidae*.

Se analizó a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, por el Índice ABI (Índice Biológico Andino), al ser un río de características alto andino, el resultado del análisis fue de mala calidad, donde el rango de puntaje oscila entre 3 a 35.

El Índice Margalef de análisis estadístico, determino la diversidad en riqueza de familias, la zona de Páramo con 7 ordenes y 11 familias y Minería con 9 ordenes y 13 familias identificadas.

Índice de Simpson que evalúa la diversidad más completa en término de familias, el resultado fue mayor en los puntos de ganadería (0.6834), minería (0.595) y páramo (0.7917).

Índice de Shannon-Wiener que evalúa la dominancia de diversidad fue baja en los seis puntos.

El índice Simpson de abundancia, de familias con mayor presencia en los puntos más cercanos, como Minería, Piscicultura y Planta de tratamiento de aguas residuales, son puntos

relativamente cercanos con características similares, como cobertura vegetal, corriente leve y lugares planos.

Se determino caudal ecológico en la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales, al no contar con datos hidrológicos, se optó por realizar una campaña de aforos, que nos ayudó a implementar el método Tennant, desarrollado en el software Python para datos de 30 días y se estimó el caudal en época de estiaje para 10%, 30% y 60 %.

El caudal óptimo para implementar en la microcuenca río Cinto es al 60% con 46,21 m³/s.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, calidad del agua, ABI, caudal ecológico, método Tennant

ABSTRACT

The Cinto River micro-watershed is of great importance due to livestock farming, fish farming, and tourism activities in the area.

This research focused on studying aquatic macroinvertebrates and determining the ecological flow of the Cinto River. For macroinvertebrates, 6 sampling points were analyzed based on land use with 3 repetitions each. The method used for macroinvertebrate collection was the Surber net. A total of 11 orders and 22 families were identified and classified, with the most abundant organisms being the Gamarridae, Tubicidae, Oligochaeta, and Baetidae families.

Macroinvertebrates were analyzed as indicators of water quality using the ABI Index (Andean Biological Index). Since it is a river with high Andean characteristics, the analysis resulted in poor quality, with a score ranging from 3 to 35.

The Margalef Index of statistical analysis determined the diversity in family richness, with the Paramo zone having 7 orders and 11 families, and Mining with 9 orders and 13 identified families.

The Simpson Index, which evaluates the most complete diversity in terms of families, yielded higher results at livestock (0.6834), mining (0.595), and paramo (0.7917) points.

The Shannon-Wiener Index, which evaluates diversity dominance, was low at all six points.

The Simpson abundance index, of families with greater presence in the closest points such as Mining, Fish Farming, and Wastewater Treatment Plant, are relatively close points with similar characteristics such as vegetation cover, mild flow, and flat areas.

Ecological flow was determined in the wastewater treatment plant area. Due to the lack of hydrological data, a gauging campaign was conducted, which helped implement the

Tennant method developed in Python software for 30-day data, and the flow was estimated during low-flow periods for 10%, 30%, and 60%.

The optimal flow to implement in the Cinto River micro-watershed is 60% with 46.21 m³/s.

Keywords: Macroinvertebrates, water quality, ABI, ecological flow, Tennant method

1.INTRODUCCION

1.1 Problema

Según Izurieta, Campaña, “La contaminación de las aguas superficiales es una problemática que aqueja a las cuencas y microcuencas importantes del país, su contaminación está relacionada con descargas urbanas y agrícolas”. (p. 286)

La parroquia de Lloa al ser una parroquia turística por la presencia de diferentes cuerpos de agua y la ubicación del Guagua Pichincha de cuyas laderas de agua a sus ríos, como gobierno descentralizado busca tener ríos con una calidad de agua buena para las diferentes actividades de la población entre las posibles fuentes de contaminación son por actividades que se relacionan con el uso del suelo ejemplo de ello; piscicultura, zona urbana, minería y planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector y al no tener una eficiente de trabajo del 100% es problema grave de contaminación ya que la descarga después del proceso se realiza en el río Cinto, así también como actividades de ganadería, son arreados hasta las orillas del río haciendo que las heces de los mismos terminen en la microcuenca y la alta cantidad de demanda de agua para la limpieza de piscinas o conservación de truchas.

“La fauna bentónica de los sistemas acuáticos continentales es una de las más ricas y probablemente entre las más diversificadas y juega un rol importante en el mantenimiento de la actividad metabólica de estos ambientes” (Reinoso et al., 2008; Rivera et al., 2008; Montoya y Aguirre, 2009). Por lo que analizar macroinvertebrados en este tipo de ríos es un buen mecanismo de exploración a los microorganismos de la microcuenca, al ser un río alto andino su latitud restringe la distribución de los macroinvertebrados acuáticos a lo largo del cauce.

En Ecuador se han realizado varios estudios de la calidad del agua en ríos a través de los macroinvertebrados acuáticos, pudiéndose mencionar los de Jacobsen & Encalada (1998); Carrera & Gunkel (2003); Giacometti & Bersosa (2006); Aguilar, Bolagay, Carrera & Vilaña (2009); Terneus, Hernández & Racines (2012).

Según Arroyo & Encalada (2009), “Manifiestan que la información relacionada con índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para el estudio de la fauna bentónica en el Ecuador es escasa, y añaden que los macroinvertebrados acuáticos no son utilizados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos.” (p.34).

La conservación, el manejo adecuado y sostenible del agua, es particularmente importante en el país, pues las desigualdades de riqueza potencial entre diferentes cuencas hidrográficas y entre los diferentes actores sociales, están estrechamente vinculadas a la inequidad de acceso al recurso de muchos sectores de la población. (Arias, 2012)

Al igual que al ser un río con quebradas y otras microcuencas que alimentan a su caudal la comunidad comparte, que busca mecanismo que puedan hacer que el río conserve un caudal y las características de vida acuática del mismo, la microcuenca en varias ocasiones ha enfrentado sequias en verano o del aumento del caudal.

En la constitución Nacional del 2008, Art.318 y 411 incluye el concepto de caudal ecológico como alternativa a la sostenibilidad de las fuentes hídricas donde se menciona que «el Estado se hace responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos», garantizando entre otros, el caudal ecológico, y prosigue indicando que «el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas

hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico», regulando toda actividad que pueda afectar al recurso agua, incluyendo sus ecosistemas.

1.2 Delimitación

La Parroquia de Lloa, tiene una extensión territorial de 547.25 Km², y está localizada en el Cantón Quito, DM, Provincia de Pichincha, con asentamientos humanos compuestos por barrios como: la Cabecera Parroquial, 29 de mayo, San Luis, San José del Cinto, Urauco, San Juan de Lloa, Chiriboga, Comunidad Oswaldo Guayasamín, San José de Guarumal, Saloya, La Victoria, Chilcapamba – Palmira, La Paz, La Tablera – Guayán. Su altitud es de 1.800 y 4.675 msnm.

Sus limitaciones son: Norte: (Parroquia Nono y San Miguel de los Bancos); Sur (Cantón Mejía); Este (Distrito Metropolitano de Quito) y Oeste (Cantón San Miguel de los Bancos y San José de Minas).

El clima en la parroquia es variado, desde el frío del páramo a un clima templado de la cordillera y el subtropical de Chiriboga.

Se escogieron seis puntos los cuales se conformaron por el uso de suelo y actividad cerca de la ubicación de los puntos y de actividades de mayor importancia para la parroquia, trabajo de investigación de macroinvertebrados para conocer la calidad del agua y el último punto que fue el cierre de los puntos para la determinación de caudal ecológico.

1.2.1 Punto 1 (Páramo)

Está ubicado en la zona alta de río por la que se denominó “páramo “en el lugar existe presencia de bosque y vegetación, cerca al punto no existe presencia de asentamiento humanos que puedan interferir en la contaminación del río, se reconoció vertientes de que se desconoce el fin. Ver figura 1

Figura 1

Punto páramo



Nota. Presentación del primer punto. Elaborado por: La autora

1.2.2 Punto dos (Ganadería)

Este punto se ubica en la parte baja del río, donde no existe asentamientos humanos como casas, se evidencia la posible contaminación del agua con desechos sólidos arrojados al afluente y presencia de estiércol de ganado vacuno a las orillas del río, la visualización de la ingesta del agua del río por el ganado. Ver figura 2 y figura 3.

Figura 2

Punto Ganadería



Nota. Desechos sólidos en el punto. Elaborado por: La autora

Figura 3

Evidencia presencia de estiércol en el punto dos



Nota. Presencia de estiércol a orillas del río. Elaborado por: La autora

1.2.3 Punto Tres (Zona Urbana)

En el punto se visualiza la presencia de casas que están ubicadas en la Av. Quito mismas que cuenta con red de alcantarillado público, exceptuando una casa ubicada a metros del río, donde se visualiza presencia de desechos sólidos y líquidos arrojados por la montaña basura y vertidos que caen y desemboquen en el río, se evidencio la presencia de caballos a las orillas del río, al estar colindando con una hacienda. Ver figura 4 y 5.

Figura 4

Evidencia de presencia de caballos



Nota. Presentación de presencia de caballos y estiércol de los mismo

Figura 5

Evidencia de arrojado de desechos sólidos



Nota. Presentación de desechos sólidos arrojados a una vertiente cercana que alimenta al río Cinto. Elaborado por: La autora

1.2.4 Punto Cuatro (Minería)

Se localizó este punto al no tener acceso a la mina “Santa María”, por ser una propiedad privada, esta cercana a un paradero mismo cuenta con red de alcantarillado por lo que no se visualizó algún tipo de descarga al río, pero sí de la posible demanda de agua del río para lavar la maquinaria y volquetas utilizadas en la cantera. Ver figura 6

Figura 6

Evidencia cantera ubicada en el punto cuatro



Nota. Presentación de cantera Santa María frente al río Cinto. Elaborado por: La autora

1.2.5 Punto Cinco (Piscicultura)

El punto cuenta con la presencia de una piscina de truchas, en el lugar se realiza la actividad de pesca deportiva y adicional la presencia de un paradero, que cuenta con alcantarillado público, la piscina ubicada en el punto descarga el agua de la misma a través de un tubo hacia río, agua proveniente del lavado de la piscina. Ver figura 7 y 8.

Figura 7

Evidencia de piscina de truchas



Nota. Presentación de piscina de truchas cerca del río Cinto. Elaborado por: La autora

Figura 8

Evidencia de tubería de descarga directa al río Cinto



Nota. Presentación de tubería con descarga de agua del lavado de la piscina de truchas cerca del río Cinto. Elaborado por: La autora

1.2.6 Punto Seis (Planta de tratamiento de aguas residuales)

En el punto se evidencia abundante vegetación y la presencia de la Planta de tratamiento de Lloa y la tubería de la descarga del agua ya depurada al río Cinto, cercana al punto no existen casas. Ver figura 9 y 10

Figura 9

Evidencia del punto PTAR



Nota. Presentación de vegetación en el punto de la planta de tratamiento cerca del río Cinto.

Elaborado por: La autora

Figura 10

Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales Lloa.



Nota. Presentación la planta de tratamiento de aguas residuales que descarga el agua de su proceso en el río Cinto. Elaborado por: La autora.

1.3 Pregunta de investigación

- ¿Cuál es la calidad del agua del río Cinto, sector Lloa?
- ¿Cuál es el caudal ecológico a implementar para el río Cinto?

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Evaluar la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y el caudal ecológico para la conservación de la microcuenca “Río Cinto”.

1.4.2 Específicos

- Evaluar macroinvertebrados acuáticos de las distintas zonas de muestreo mediante el índice ABI (Índice Biológico Andino).
- Determinar el caudal ecológico del “Río Cinto” mediante el método Tennant
- Establecer propuestas de conservación del río Cinto mediante los resultados obtenidos.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis de investigación

- La calidad del agua de los diferentes puntos es igual.
- El caudal ecológico es óptimo.

1.5.2 Hipótesis Nula

- La calidad del agua de los diferentes puntos es diferente.
- El caudal ecológico es deficiente.

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 Agua

Buestán (2019), Nos menciona que el agua es un elemento esencial del desarrollo sostenible de las sociedades y naciones. (p.23)

2.2 Microcuenca

Las microcuencas, según Sandoval & Aguilera (2014) son unidades geográficas que pertenecen a una subcuenca y a su vez ésta pertenece a una cuenca hidrográfica, las microcuencas son zonas captadoras de agua, las cuales regulan y favorecen las condiciones del clima, producen oxígeno, dentro de la microcuenca se desarrolla vida vegetal, animal y microorganismos.

2.3 Características morfométricas de la microcuenca

2.3.1 Área de drenaje

Es el área de proyección horizontal que se visualiza topográficamente, se mide en unidades de superficie como km^2 , hectáreas, etc. (Gutiérrez, 2014)

2.3.2 Perímetro de la cuenca

Es el largo de la divisoria de la cuenca, desde el primer punto de estudio hasta que finalice en el mismo punto, se mide en km. (Gutiérrez, 2014)

2.3.3 Forma de la cuenca hidrográfica

La forma de la cuenca son las características de la microcuenca, cuenca o fuente hídrica que se relaciona con la descarga, concentración, para la determinación de los mismos se utilizan coeficientes como: (Gutiérrez, 2014)

2.3.4 Índice de compacidad de la cuenca

También llamado índice de Gravelius que tiene relación entre el perímetro y la longitud del círculo de la microcuenca. (Gutiérrez, 2014)

Ecuación 1

Índice de compacidad (Kc)

$$Kc = \frac{0.28 P}{A^{1/2}}$$

Donde:

A: área de drenaje km²

P: perímetro de la cuenca

Una cuenca circular posee un coeficiente mínimo igual a uno.

2.3.5 Factor de forma de la cuenca

Este factor es la relación que hay entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca y se mide desde el inicio de la fuente de agua hasta el punto más distante, se divide por áreas de la siguiente forma: (Gutiérrez, 2014)

Ecuación 2

Factor de forma de la cuenca (Kf)

$$Kf = B/L$$

$$B = A/L$$

$$Kf = A/L^2$$

Donde:

B: ancho medio en Km

L: longitud axial de la cuenca en Km

A: área de drenaje en Km²

2.3.6 Altitud media de la cuenca

Según Gutiérrez la altitud media es la suma de la altitud media entre dos curvas cercanas, por la superficie de la cuenca. (Gutiérrez, 2014)

Ecuación 3

Altitud media de la cuenca

$$H = \frac{\sum(A_i \times H_i)}{\sum A}$$

En donde:

H: altitud media entre dos curvas de nivel consecutivo

A_i: Superficie de la cuenca de las dos curvas

A: Superficie total de la cuenca en Km²

Este parámetro tiene influencia de la precipitación, pérdida y evaporación del agua.

2.3.7 Pendiente de la cuenca

Es la relación que existe en el nivel altitudinal de la cuenca y su longitud. Esta característica relaciona la escorrentía superficial y el tiempo que le lleva al agua concentrarse en un cierto lugar. (Gutiérrez, 2014)

Ecuación 4

Pendiente de la cuenca

$$S = \frac{2H}{P}$$

Donde:

H: es la citada diferenciada de la cota (m)

P: perímetro de la cuenca (Km)

2.3.8 Cuenca hipsométrica

Es una gráfica que presenta valores de la superficie de la cuenca y relaciona el valor de la cota y de las coordenadas del área acumulada. (Gutiérrez, 2014)

2.4 Calidad del agua

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 (Cordero, 2018).

2.5 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).

2.6 Bioindicadores de calidad del agua

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie que poseen requerimientos particulares con relación a uno o a un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología de esas especies en particular, indiquen que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosemberg & Resh, 1993). Es decir, que un bioindicador es aquel cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación

ecológica y están referidos como organismos o sistemas biológicos que sirven para evaluar variaciones en la calidad ambiental.

2.7 Red Surber

Es una red que trata de atrapar macroinvertebrados con una malla sujeta a un marco que cuando se abre forma una L, la malla es de 0.5 a 1 milímetro, el marco tiene dimensiones de 30 cm de alto por 30 cm de ancho. La misma que tendrá una profundidad de 40 a 45 cm. Consiste en colocar el instrumento en el fondo del río a contra corriente, mientras se remueve el sustrato del fondo con las manos, durante un minuto hasta 3 minutos. (Carrera et. al., 2001)

2.8 Índice Biótico Andino (ABI)

Es una propuesta de índice biótico cualitativo usado para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos (Acosta et al. 2009); este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los andes con altitudes mayores a 2000 msnm, que cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona (Prat et al. 2009, Cota et al. 2002).

Tabla 1

Índice ABI con el rango de calidad del agua

ABI	Calidad de agua ABI
>96	Excelente
59-96	Buena
35-58	Moderada
<35	Mala
Sin vida	Pésima

Nota. Presentación del rango de individuos con la calidad del agua mediante el índice ABI.

Elaborado por: La autora con información obtenida de (Carrera & Fierro, 2018, p.35).

2.9 Índices de Diversidad

2.9.1 Biodiversidad

La biodiversidad representa las distintas formas de vida que se desarrollan en el ambiente de forma natural en tierra y agua; en ellos se encuentra material genético, microorganismos, organismos, plantas y animales. (Ferriol et al., 2014)

Con la intervención del hombre, la diversidad ha disminuido y en otros casos se han adaptado al medio, los ecosistemas se ven afectados por la contaminación que altera los factores del ecosistema haciendo que pierdan las características del medio y la abundancia de los mismo.

2.9.2 Componentes de biodiversidad

De acuerdo con los autores (Ferriol et al., 2014). La biodiversidad se estructura en diversos niveles de organización física o de patrón del sistema; presentando una estructura genética, una poblacional y la de hábitat; conceptos que guardan un grado de conectividad entre ellos.

Según Cornell y Lawton (1992) la diversidad beta es aquella que relaciona los puntos para conocer la diferencia local y regional para así conocer la ganancia o pérdida de especies.

2.10 Índices alfa (α) y beta (β)

Para el análisis de la diversidad el autor Whittaker propuso el concepto hace más de medio siglo, el cual se divide en dos componentes: alfa y beta que propone analizar el impacto de la actividad humano en la diversidad. (Halffter 1998)

La diversidad alfa es el número de especies que están presentes en una zona establecida. Para Whittaker (1960-1972) no es más que la riqueza territorial.

El valor se puede expresar como tres conceptos: primero es el número de especies encontrado en un punto determinado, el segundo; un valor promedio de los diferentes puntos

donde se encuentra la especie, el tercer; es el número de especies que se muestreo en un solo lugar y en un determinado tiempo.

Índice beta, mide la diferencia entre las especies de diferentes puntos de muestreo, las características de cambio se suelen dar por el espacio y tiempo de recolección.

2.11 Índice de Margalef

El índice fue propuesto por el biólogo y catalán Ramon Margalef, que es una medida de una base de individuos de diferentes especies en función al número de individuos de la muestra. Donde existe una especie una relación de número de especies y de individuos. (Magurran,1998)

2.12 Índice de diversidad 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.

2.13 Índice 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)

2.14 Caudal Ecológico

Según los autores Santacruz de León y Aguilar “El caudal ecológico se refiere al caudal mínimo necesario para el mantenimiento de los hábitats naturales importantes en la conservación de la flora y fauna de la microcuenca, preservación del paisaje y la purificación natural del agua; es decir que, a más de aprovechar el agua para el consumo humano u otras actividades ya antes mencionadas, es necesario mantener fijo un caudal que permita conservar la biodiversidad y las funciones ambientales.” (2009)

2.14.1 Método Tennant

Es uno de los métodos más utilizados pues su análisis no debe regirse al pie de la letra ya que se deberá evaluar en las modificaciones del cauce.

Se desarrolló este método basado en diez años de observaciones y mediciones de carácter fundamentalmente biológico para una especie en particular (la trucha) en once ríos de Montana (Wyooming y Nebraska en los Estados Unidos), encontrando relaciones entre los parámetros físicos del cauce (ancho, profundidad y velocidad del cauce) y la disponibilidad del hábitat para una especie en particular. El método divide el año en dos períodos, en cada uno de los cuales se recomiendan unos porcentajes de 60% y 90% interanual para lograr una calidad de hábitat fluvial determinada. De esta forma se reconoce que existe una relación entre los niveles de caudal y las características del hábitat existente; además, se establece que asignar un valor único de caudal puede eliminar todo rastro existente de variabilidad temporal (Arthington y Zalucki, 1998).

2.14.2 Normativa aplicable

Constitución de la República del Ecuador

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*.

Art. 57.- Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos:

8. Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Código Orgánico Del Ambiente

Artículo 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;

3. La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;

Garantías Preventivas Sección Primera Caudal Ecológico y Áreas de Protección Hídrica

Artículo 76.- Caudal ecológico. Para los efectos de esta Ley, caudal ecológico es la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad de agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de salud en el ecosistema.

Artículo 318.- de la Constitución prohíbe toda forma de privatización del agua y determina que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria y que el servicio de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; prescribe además, que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley.

Artículo 411.- De La Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua donde el estado garantizará la conservación recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad del agua y equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño

En los puntos establecidos en la delimitación, se identificó las posibles fuentes de contaminación del río tales como: escombros, basura, roedores, desechos de ganado vacuno, porcino, etc. y se estableció propuestas de conservación para la microcuenca.

Se analizará mediante el índice ABI la calidad del agua y la diversidad alfa y beta de las familias.

Se determinó el caudal ecológico en el punto de la planta de tratamiento de aguas residuales Lloa con coordenadas 0766181 en X; 9972026 en Y, el punto de cierre de la microcuenca.

3.2 Población y muestra

En el río Cinto se consideró evaluar la calidad del agua mediante el método de macroinvertebrados por lo que se consideró 6 puntos de muestreo en la microcuenca, en cada uno de los puntos establecidos se realizaron 3 muestreos, con lo que se generó un total 18 muestras.

Identificados los puntos de muestreo, se tomaron las coordenadas UTM, las cuales se registraron en una tabla para elaborar el mapa de ruta de macroinvertebrados.

3.3 Variables

3.3.1 Variable Independiente

Tabla 2

Operación de la variable independiente

Categoría	Uso de Suelo	Técnica
Tratamiento 1	Paramó	Macroinvertebrados
Tratamiento 2	Ganadería	Macroinvertebrados
Tratamiento 3	Zona Urbana	Macroinvertebrados
Tratamiento 4	Minería	Macroinvertebrados

Tratamiento 5	Piscicultura	Macroinvertebrados
Tratamiento 6	Planta de tratamiento de aguas residuales	Macroinvertebrados Caudal ecológico

Nota. Presentación de técnica a implementar en cada punto del río Cinto. Elaborado por:

La autora

3.3.2 Variable Dependiente

Macroinvertebrados acuáticos donde determinamos la calidad del agua a través del índice biológico andino (ABI).

Determinación de caudales de 10 %,30% y 60% por el método Tennant.

3.4 Recogida de datos

3.4.1 Toma de puntos geográficos

Una vez delimitado los puntos de muestreo y de caudal ecológico se tomó las coordenadas geográficas.

Tabla 3

Puntos de muestreo macroinvertebrados y determinación de caudal ecológico

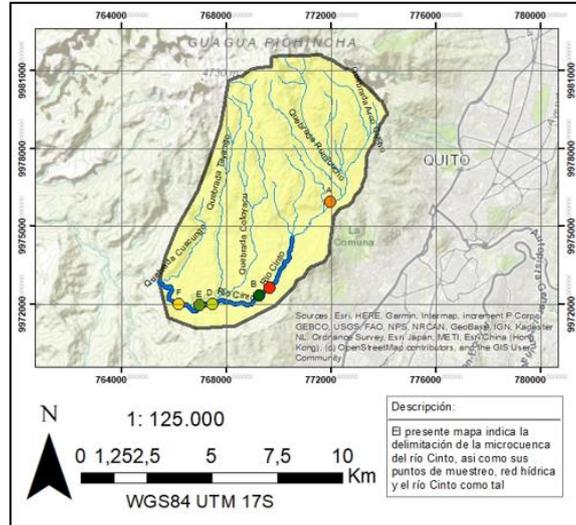
Puntos	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
Punto 1	Páramo	0771961	9975955
Punto 2	Ganadería	0769645	9972626
Punto 3	Zona Urbana	0769242	9972340
Punto 4	Minería	0767458	9972020
Punto 5	Piscicultura	0766963	9971967
Punto 6	Planta de tratamiento de aguas residuales	0766181	9972026

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

En base a las coordenadas de cada uno de los puntos se elaboró el mapa de ruta del río Cinto y como punto de inicio páramo y el final la planta de tratamiento de aguas residuales Lloa.

Figura 11

Delimitación de la microcuenca del río Cinto



Nota. Presentación la ubicación de puntos de muestreo realizado en Arcgis. Elaborado por: La autora.

3.5 Estudio de macroinvertebrados

3.5.1 Fase de campo

3.5.2 Materiales de fase de campo muestreo de macroinvertebrados

Tabla 4

Listado de materiales utilizados en la fase de campo

Materiales	Reactivos
Red Surber	Alcohol 75%
Botas de caucho	
Ropa adecuada	
Guantes	
Frascos de plástico	
Bandeja de plástico	
Cooler	
Hielo seco	

Nota. En esta tabla se presenta los materiales utilizados en campo para el muestreo de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora

3.6 Protocolo

3.6.1 Recolección y muestreo de macroinvertebrados

Se tomó como guía al manual de monitoreo macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua de los autores Carrera y Fierro, con la metodología de recolección de la red Surber. Se establecieron 6 puntos de muestreo con 3 repeticiones realizados en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Se inicia con el punto de muestreo considerando a la parte más alta de la microcuenca ,la zona del páramo y según la guía ,con ropa adecuada, gorra y botas de caucho nos introducimos en el río y se busca partes del río que sean planas, donde no exista presencia de piedras grandes , una vez dentro del río se coloca la red contracorriente al río “Cinto”, una vez sumergida, con ayuda de otra persona se frota las rocas con las manos para así desprender el material tales como musgo, fango, entre otros, donde se podría encontrar los organismos , el tiempo de recolección fue de un lapso de 3 min con la red sumergida.

Figura 12

Muestreo Red Surber



Nota. Presentación de la instalación para la recolección de macroinvertebrados.

Elaborado por: La autora

Como siguiente paso, se saca la red del río colocando la muestra en una bandeja de color blanco, con todo el material que se recogió, se remueven hojas, palos que no tengan presencia de macroinvertebrados y permitan visualizar de mejor manera los microorganismos.

Una vez se limpió la muestra, con las pinzas se recoge cada organismo y se los coloca en frascos de plástico que contienen alcohol al 75%, reactivo que ayuda a mantener a los macroinvertebrados sin desintegrarse, los frascos previamente etiquetados con datos como con el código del lugar, fecha, hora, nombre de la persona que muestreo, se cierra para ser colocado en el cooler con hielo y ser trasladado.

Figura 13

Recolección de macroinvertebrados



Nota. Representación del envase de la muestra recopilada. Elaborado por: La autora

3.7 Fase de laboratorio

Las muestras recolectadas en los 6 puntos se trasladaron al laboratorio de microbiología ubicado de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, Bloque F donde se identificaron y clasificaron las muestras.

3.7.1 Materiales fase de laboratorio identificación y clasificación de macroinvertebrados

Tabla 5

Listado materiales de la fase de laboratorio macroinvertebrados

Materiales	Equipos	Reactivos
Etiquetas	Estéreo microscopio	Alcohol 75%
Cajas Petri	Refrigerador	Agua destilada
Espátula		
Vaso de precipitación		
Gradilla		
Tubos de ensayo		
Pinzas Entomológicas		
Lupa		
Propipeta		
Pipeta		

Nota. En esta tabla se presenta los materiales utilizados en el laboratorio para identificación de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora

Figura 14

Estéreo microscopio



Nota. Representación de instrumento de laboratorio de microbiología. Elaborado por: La autora

Figura 15

Materiales para identificación de macroinvertebrados



Nota. Representación de instrumentos y reactivos para la fase de laboratorio de identificación de macroinvertebrados. Elaborado por: La autora

En el laboratorio con las muestras previamente etiquetadas se las colocó en refrigeración para empezar a identificar. En una caja Petri con el juego de pinzas se selecciona los macroinvertebrados de los frascos plásticos, se manipula con las agujas y por último se visualiza en el estéreo microscopio.

Se procedió a identificar con la cartilla de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo publicado por el Ministerio del Ambiente (Patricio et al., 2017) y la guía de macroinvertebrados acuáticos de Puerto Rico como bioindicadores de calidad ambiental (Fonseca, Rodríguez, 2016).

Finalmente, los macroinvertebrados de la misma especie se colocaron en tubos de ensayo con alcohol al 75% para contabilizar la abundancia de cada especie.

3.8 Evaluación de calidad del agua por el Índice Biótico Andino (ABI)

Una vez identificadas y clasificados orden y familia, se determinó el puntaje de cada uno de los individuos y por último se sumó los valores que determinaron la calidad del agua de los seis puntos de muestreo del río Cinto, para conocer en que rango de contaminación se encuentra el agua.

Tabla 6*Puntaje del Índice ABI*

Orden	Familia	Valor ABI
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
	Sphaeriidae	3
Bivalvia		
Amphipoda		6
Ostracoda		3
Hydrachnidia		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuriidae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coanagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
	Perlidae	10
Plecoptera	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
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7

Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae(Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	5
	Diptera	Blephariceridae
Simuliidae		5
Tabanidae		4
Ceratopogonidae		4
Muscidae		2
Ephydriidae		2

Nota. Presentación del puntaje de individuos de acuerdo el índice ABI. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Carrera & Fierro, 2018, p.35).

3.9 Cálculo de diversidad alfa (α) y beta (β).

Con los 6 puntos identificados, clasificados y contabilizados, se realizó una base de datos con número de individuos encontrados por familia, luego se conformaron tablas dinámicas para identificar la abundancia de las familias y mediante la herramienta Past se analizó la diversidad y la similitud entre las familias encontradas.

Se utilizaron los diferentes índices representados en la tabla

Tabla 7

Índices de diversidad alfa y beta

Índices de diversidad		
Índice alfa (α)	Riqueza específica	Índice de Margalef
	Índice de abundancia	Índice Simpson
		Índice Shannon- Wiener (H')
Índice beta (β)	Índice de similitud y distancias	Índice Simpson
		Índice Shannon- Wiener (H')

Nota. Presentación de índices utilizados en la base de datos de familias identificadas.

Elaborado por: La autora

3.10 Caudal Ecológico

1.-Se inicio por la ubicación del área de estudio y se seleccionó el punto de la planta de tratamiento de aguas residuales Lloa, para la determinación de caudal ecológico al ser el cierre de la delimitación de puntos de estudio del río Cinto.

2.- Analizar datos hidrológicos y de caudal mensual del río Cinto, al no contar con una estación una estación hidrológica en la zona de estudio, se optó por realizar una campaña de aforo de caudales con el fin de que estos se analizaran para la determinación de caudal ecológico, el cuál será la base de datos que permitirán conocer caudales mínimos, aceptables y óptimo.

3.10.1 Aforo de caudal

Tabla 8

Materiales para medición caudal

Materiales	Cantidad
Estacas	6
Hilo	15 m
Martillo	1
Flexómetro	1
Pelotas de plástico	5
Regleta de 2m	1 m
Cronometro	1
Hoja de datos	1

Nota. Presentación de los materiales que se utilizaron en el caudal. Elaborado por: La autora

3.10.2 Método del flotador

Para empezar con el aforo de caudal, ingresamos al río en la zona de la PTAR se selecciona 10 metros de largo, para instalar el rectángulo del método, asegurándonos que no exista obstrucción de rocas o vegetación. Ver figura 11

Figura 16

Área seleccionada para el aforo



Nota. Presentación de un área recta. Elaborado por: La autora

Una vez ubicados los 10 m a las orillas del río, se procede a colocar las estacas en los cuatro vértices del rectángulo y en la mitad del rectángulo, es decir donde mide 5 se me colocan dos estacas más de forma paralelo, con el hilo se procede a unir las estacas, para delimitar el punto de aforo. Ver figura 12.

Figura 17

Medición de 10 m de largo



Nota. Presentación de la medición para formar el cuadrante. Elaborado por: La autora

Figura 18

Estacas unidas con la cinta



Nota. Presentación del hilo en vuelto en las estacas. Elaborado por: La autora

Cuando se terminó de instalar el rectángulo se midió el ancho de la parte superior, media e inferior para anotarla en la hoja de formato.

Para medir la profundidad, se utilizó la regleta y en cada línea que forma el ancho del rectángulo, se mide desde el suelo hasta la superficie del agua, cada 50 cm se repite el proceso, obteniendo una serie de datos que nos darán como resultado la forma del río.

Ver figura 14 y 15.

Figura 19

Medición del ancho



Nota. Presentación de la medición del ancho. Elaborado por: La autora.

Figura 20

Medición de la profundidad



Nota. Presentación de medición de la profundidad con la regleta cada 50 cm. Elaborado por: La autora

Para tomar datos del tiempo, se coloca a dirección de la corriente del río Cinto, tomando como referencia la primera línea del ancho del rectángulo, una vez ubicados procedemos a lanzar la pelota plástica, esperando que esta siga el curso natural del cauce hasta que llegue al extremo del rectángulo, con un cronometro se toma el tiempo que demora en seguir el recorrido, el proceso se repitió cinco veces. Ver figura 16.

Figura

21

Tiempo que se tarda en recorrer la pelota plástica



Nota. Presentación de la toma del tiempo. Elaborado por: La autora

La campaña de aforo se realizó en los meses de septiembre, octubre y noviembre por diez días cada mes.

Una vez se obtuvo los datos completos, en la herramienta de software Excel se calculó el caudal de los treinta días, siguiendo las siguientes formulas.

Ecuación 5

Velocidad

$$V = LxHxA$$

Donde:

L: largo (m)

H: profundidad promedio de la sección (m)

A: promedio de ancho (m2)

Ecuación 6

Ancho

$$A = (A_1 + A_2)/2$$

Donde:

A₁: ancho A (m)

A₂: ancho B (m)

Ecuación 7

Profundidad

$$H = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \dots)/6$$

Donde:

H_{1...:} profundidades (m)

Ecuación 8

Tiempo total

$$T = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)$$

T: Tiempo

Ecuación 9

Caudal

$$Q = V/T$$

Donde:

V: velocidad (m)

T: tiempo (s)

3.- Con los datos de caudal ya calculado, se implementó el método mismo requería de al menos 20 datos. El método es ideal para definir caudales perennes, que permitan la permanencia de un caudal óptimo para los diferentes usos del agua y la permanencia de la fauna acuática. El proceso del método fue:

3.11 Implementación método Tennant en software Phyton

- 1.-Ingresar los datos calculados en el software mediante importar librería.
- 2.-Calculo del promedio anual, en este caso el promedio de los meses de septiembre, octubre y noviembre
- 3.- Mediante comando del software se implementó fórmulas para determinar el 10%,30% y 60% del caudal medio. Ver rangos de los caudales Tabla 9.

Tabla 9

Rangos del Método Montana

Rangos	Caudales recomendados Estación Lluviosa	Descripción de caudales
Rango óptimo	60%	El caudal permitirá mantener el hábitat y hacer uso del agua para varias actividades
Excelente	30%	El caudal recomendado para mantener el hábitat acuático
Pobre o mínimo	10%	El hábitat acuático se mantendrá temporalmente

Nota. Esta tabla muestra los rangos de los caudales en la época que se tomó los Elaborado por: La autora con información de (Donald L, Tennant, 1976)

4.- Se grafico diagrama de cajas y de resultados del caudal para los porcentajes estudiados.

5.- Mediante los resultados, se analizó cual sería el mejor resultado de caudal ecológico a implementar en el río Cinto.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados de características morfométricas de la microcuenca río Cinto

Área de drenaje

$$A = 56,36 \text{ km}^2$$

Perímetro de la cuenca

$$P = 30,71 \text{ km}$$

Índice de compacidad de la cuenca

$$Kc = \frac{0.28 P}{A^{1/2}}$$

$$Kc = \frac{0.28 (30,71 \text{ km})}{(56,36 \text{ km}^2)^{1/2}} = 1,1454 \text{ km}$$

Factor de forma de la cuenca

$$Kf = A/L^2$$

$$Kf = 30,71 \text{ km}^2 / 11,85^2 = 0,2187 \text{ km}^2$$

Altitud media de la cuenca

$$H = 3191 \text{ msnm}$$

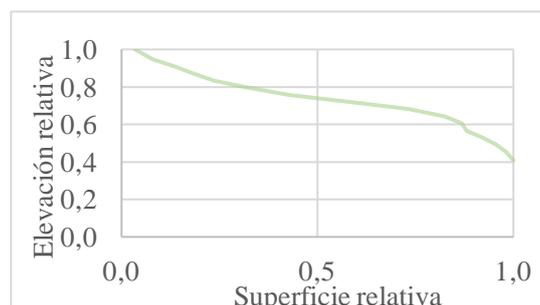
Pendiente de la cuenca

$$S = 48.02$$

Curva hipsométrica

Figura 22

Curva Hipsométrica río Cinto



Nota. Presentación de la curva hipsométrica realizada en Excel. Elaborado por: La autora

4.2 Resultados de identificación y clasificación de macroinvertebrados

4.2.1 Primer muestreo de los 6 puntos de muestreo

Tabla

10

Resultados del primer muestreo

Zona	Orden	Familia	Abundancia
Páramo	Ephemeroptera	Baetidae	1
Páramo	Coleoptera	Staphylinidae	1
Páramo	Coleoptera	Gyrinidae	1
Páramo	Diptera	Tabanidae	1
Páramo	Annelida	Hirudinea	7
Ganadería	Ephemeroptera	Baetidae	7
Ganadería	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1
Ganadería	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
Ganadería	Amphipoda	Gamarridae	10
Zona Urbana	Oligochaeta	Tubicidae	4
Zona Urbana	Trichoptera	Polycentropodidae	1
Zona Urbana	Amphipoda	Gamarridae	27
Zona Urbana	Diptera	Simuliidae	1
Minería	Amphipoda	Gamarridae	12
Minería	Gastropoda	Bulinidae	2
Minería	Diptera	Blephariceridae	1
Minería	Annelida	Oligochaeta	2
Minería	Oligochaeta	Tubicidae	8
Piscicultura	Ephemeroptera	Baetidae	6
Piscicultura	Annelida	Hirudinea	4
Piscicultura	Amphipoda	Gamarridae	21
PTAR	Diptera	Blephariceridae	2
PTAR	Anelida	Oligochaeta	50
PTAR	Trichoptera	Polycentropodidae	1
PTAR	Ephemeroptera	Baetidae	2
PTAR	Annelida	Hirudinea	1

Nota. Presentación de la identificación de macroinvertebrados realizados en el laboratorio. Elaborado por: La autora.

En la tabla 10, los resultados con mayor abundancia de familias encontradas en el punto de la planta de tratamiento de aguas residuales fueron de 50 individuos de la orden

Annelida, familia Oligochaeta, seguido de los puntos de la piscicultura, minería, zona urbana y ganadería con número de individuos de 21,12,27 y 10 respectivamente de la familia Gamarridae. Mientras que el punto de Páramo el mayor número de individuos está representada en el orden Annelida, familia Hirudinea.

4.2.2 Segundo muestreo de los 6 puntos de muestreo

Tabla 11

Resultados del segundo muestreo

Zona	Orden	Familia	Abundancia
Páramo	Annelida	Hirudinea	24
Ganaderia	Amphipoda	Gamarridae	28
Ganaderia	Trichoptera	Polycentropodidae	1
Ganaderia	Gasteropoda	Physidae	2
Zona Urbana	Odonata	Gomphidae	2
Zona Urbana	Gasteropoda	Physidae	2
Zona Urbana	Amphipoda	Gamarridae	32
Zona Urbana	Ephemeroptera	Baetidae	2
Zona Urbana	Trichoptera	Polycentropodidae	4
Mineria	Annelida	Hirudinea	3
Mineria	Ephemeroptera	Baetidae	2
Mineria	Gasteropoda	Physidae	2
Mineria	Amphipoda	Gamarridae	10
Piscultura	Trichoptera	Polycentropodidae	8
Piscultura	Amphipoda	Gamarridae	50
Piscultura	Diptera	Simuliidae	3
PTAR	Oligochaeta	Tubicidae	82
PTAR	Trichoptera	Polycentropodidae	4
PTAR	Diptera	Simuliidae	1
PTAR	Annelida	Hirudinea	1

Nota. Presentación de la identificación de macroinvertebrados realizados en el laboratorio. Elaborado por: La autora.

En la tabla 11, se observa que, en cuanto a abundancia de individuos, el punto de páramo se recolecto 24 individuos de la familia Hirudinea, para los puntos de ganadería, zona urbana, minería y piscicultura el número recolectado fue de; 28,32,10 y 50 respectivamente de la familia Gamarridae el porcentaje de similitud con la primera

muestra fue del 83%. En la planta de tratamiento de aguas residuales se obtuvo 82 individuos de la familia Tubicidae.

4.2.3 Tercer muestreo de los 6 puntos de muestreo

Tabla 12

Resultados del tercer muestreo

Zona	Orden	Familia	Abundancia
Páramo	Oligochaeta	Tubicidae	2
Páramo	Amphipoda	Gamarridae	1
Páramo	Coleoptera	Elmidae	2
Páramo	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	4
Páramo	Diptera	Simuliidae	2
Ganadería	Amphipoda	Gamarridae	59
Ganadería	Gastropoda	Hydrobiidae	4
Ganadería	Diptera	Simuliidae	1
Ganadería	Trichoptera	Hydroptilidae	1
Ganadería	Coleoptera	Elmidae	3
Ganadería	Diptera	Simuliidae	4
Zona Urbana	Gastropoda	Bulinidae	2
Zona Urbana	Ephemeroptera	Baetidae	3
Zona Urbana	Coleoptera	Scirtidae	2
Zona Urbana	Trichoptera	Polycentropodidae	2
Zona Urbana	Diptera	Simuliidae	1
Zona Urbana	Odonata	Gomphidae	2
Zona Urbana	Amphipoda	Gamarridae	72
Minería	Coleoptera	Hydropsychidae	4
Minería	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
Minería	Amphipoda	Gamarridae	74
Minería	Ephemeroptera	Baetidae	8
Minería	Diptera	Ceratopogonidae	4
Minería	Diptera	Simuliidae	3
Minería	Oligochaeta	Tubicidae	1
Minería	Trichoptera	Hydrobiosidae	2
Psicultura	Diptera	Ceratopogonidae	2
Psicultura	Coleoptera	Elmidae	11
Psicultura	Trichoptera	Polycentropodidae	2
Psicultura	Amphipoda	Gamarridae	64
Psicultura	Ephemeroptera	Baetidae	2
Psicultura	Diptera	Ceratopogonidae	20
Psicultura	Trichoptera	Hydroptilidae	2
PTAR	Ephemeroptera	Baetidae	7
PTAR	Trichoptera	Hydrobiosidae	3
PTAR	Diptera	Blephariceridae	4
PTAR	Ephemeroptera	Baetidae	2
PTAR	Amphipoda	Gamarridae	11
PTAR	Oligochaeta	Tubicidae	3

Nota. Presentación de la identificación de macroinvertebrados realizados en el laboratorio. Elaborado por: La autora.

En la figura 12, se describe el resultado de la clasificación de individuos, en la zona del páramo se obtuvo la presencia de 4 individuos de la familia Leptophlebiidae, en los siguientes cinco, la abundancia de la familia Gammaridae con un total número de individuos de 59,72,74,64 y 11 individuos respectivamente.

En las tres muestras tomadas, podemos observar que la especie con mayor número de individuos recolectados es la Gammaridae, este tipo anfípodo, es considerado fuente de alimento para otras especies como peces y otros invertebrados, su hábitat es el agua dulce y en muchos casos también se encuentran en el mar, su ciclo de vida es corto. Por lo que se corrobora por los autores (Aravind et al., 2007; Baeza-Rojano et al., 2013) que son organismos con gran tolerancia a cambios en las características del hábitat acuático y se adaptan a cualquier forma de vida, es dominancia en los seis puntos estudiados.

La abundancia de Tubicidae y Hirudinae en las muestras es debido a la presencia de descargas directas, ejemplo de ello, la planta de tratamiento de aguas residuales realiza su descarga al río Cinto, agua del proceso de tratamiento que no ha sido depurada al 100%, contiene restos de materia orgánica, que afectan la calidad del agua la presencia de dichas familias, se atribuye a la gran tolerancia a agua contaminada a una mediana escala según (Minae,2007) , nos dice que la capacidad que tienen estos macro invertebrados a vivir en condiciones extremas , por otro lado (Dajoz, 2002; Lopez y Sedeño, 2015) nos habla de cómo al ser especies con pigmentos les permiten vivir en aguas que carecen de oxígeno.

4.3 Resultados del Índice Biótico Andino (ABI)

Tabla 13

Índice Biótico Andino en los 6 puntos del primer muestreo

Zona	Rango	Calidad
Páramo	19	Mala
Ganadería	25	Mala
Zona Urbana	20	Mala
Minería	24	Mala
Piscicultura	13	Mala
PTAR	26	Mala

Nota. Esta tabla presenta los resultados de la calidad del agua por el Índice ABI.

Elaborado por: La autora.

En la muestra uno la calidad del agua para los seis puntos analizados con el Índice Biótico Andino (ABI), dio como resultado mala calidad, las familias recolectadas en la muestra dieron valor menores a 35, la zona con menor puntaje fue la piscicultura con 21 individuos de Gammaridae y un valor de 6, seguida de Hirudinea con un puntaje de 3 y Baetidae con 4. La poca presencia de individuos de diferentes familias indican el río se encuentra medianamente contaminado por la actividad de pesca deportiva y el uso del agua para el lavado de piscinas. Según (Medina, 2011) y (Soria, 2016) el puntaje no es bueno para consumo humano y así también para actividades de piscicultura como se está realizando en el lugar.

Tabla 14

Índice Biótico Andino en los 6 puntos del segundo muestreo

Zona	Rango	Calidad
Páramo	3	Mala
Ganadería	17	Mala
Zona Urbana	29	Mala
Minería	16	Mala
Piscicultura	19	Mala
PTAR	17	Mala

Nota. Esta tabla presenta los resultados de la calidad del agua por el Índice ABI.
Elaborado por: La autora.

En la muestra dos ,el resultado de calidad de agua para los seis puntos fue mala, los valores del rango no sobrepasaban el rango de 0-35, siendo el punto del páramo el de menor presencia de macroinvertebrados,orden Annelida, familia Hirudinea,presente en este punto tomo un valor de 3, este tipo de organismos se encuentra presente en aguas contaminas a menor escala como lo nombran (Dajoz,2022) su prevalencia en agua dulce es gracias a su capacidad de adaptación a lugares con presencia de materia orgánica.

Tabla 15

Índice Biótico Andino en los 6 puntos del tercer muestreo

Zona	Rango	Calidad
Páramo	29	Mala
Ganadería	31	Mala
Zona Urbana	41	Moderada
Minería	43	Moderada
Piscicultura	37	Moderada
PTAR	35	Mala

Nota. Esta tabla presenta los resultados de la calidad del agua por el Índice ABI.
Elaborado por: La autora.

En la muestra tres , el resultado de las zonas de páramo ,ganadería y planta de tratamiento de aguas residuales, fueron de mala calidad del agua mientras que para la zona urbana, minería y piscicultura con un ligero incremento de recolección de especies su calidad de agua es moderada, como resultado no es apta para consumo humano , ni para el uso en piscinas de truchas, el cambio de la muestra para la zona urbana fue la presencia de la familia Polycentropodidae (Roldan,1996) nos afirma, que este tipo de familia se encuentran en lugares con poca corriente , es decir lugares planos que son las características de los 3 puntos , y son indicadores de aguas oligomesotroficas, con pocos nutrientes , por el tipo de contaminación expuesta en las zonas.

4.4 Curva de acumulación

Tabla 16

Resultados de la abundancia del primer muestreo

Zona	Total, de familias
Páramo	5
Ganadería	4
Zona Urbana	4
Minería	5
Piscicultura	3
PTAR	5

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

Tabla 17

Resultados de la abundancia del segundo muestreo

Zona	Total, de familias
Páramo	1
Ganadería	3
Zona Urbana	5
Minería	4
Piscicultura	3
PTAR	4

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

Tabla 18

Resultados de la abundancia del tercer muestreo

Zona	Total, de familias
Páramo	6
Ganadería	5
Zona Urbana	7
Minería	8
Piscicultura	6
PTAR	6

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

4.5 Resultados diversidad alfa (α) y beta (β)

4.6 Primera muestra

4.6.1 Índice alfa (α)

Riqueza específica

Tabla 19

Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra uno

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Margalef	1,668	0,9208	0,858	1,243	0,5824	0,994

Nota. Presentación de los resultados muestra uno de riqueza específica de diversidad en

los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

Índice de similitud

Tabla 20

Diversidad Simpson Muestra uno

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Simpson_1-D	0,562	0,6834	0,314	0,653	0,487	0,2

Nota. Presentación de los resultados muestra uno de similitud en los 6 puntos del río

Cinto. Elaborado por: La autora.

Índice de dominancia Shannon – Wiener (H')

Tabla 21

Diversidad Shannon – Wiener Muestra uno

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minera	Piscicola	PTAR
Shannon_H	1,16	1,209	0,632	1,25	0,8459	0,483

Nota. Presentación de los resultados muestra uno de similitud en los 6 puntos del río

Cinto. Elaborado por: La autora.

4.6.2 Índice beta (β)

Índice de similitud/disimilitud o distancia

Tabla 22

Índice Simpson Muestra uno

	Zona					
	Minería	Páramo	PTAR	Urbana	Ganadería	Piscicultura
Minería	1	0	0,2	0,5	0,25	0,3333333
Páramo	0	1	0,4	0	0,25	0,6666667
PTAR	0,2	0,4	1	0,25	0,25	0,6666667
Zona						
Urbana	0,5	0	0,25	1	0,25	0,3333333
Ganadería	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,6666667
Piscicultura	0,33333	0,6666667	0,6666667	0,33333333	0,6666667	1

Nota. Presentación de los resultados muestra uno de similitud o distancia con el índice

Simpson en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

La diversidad alfa (α), para la muestra uno, analizada por el índice Margalef, la zona con mayor riqueza de familias encontradas, fue la zona del páramo, la diversidad para el índice Simpson se acerca mayormente a una diversidad completa como resultado se obtuvo la zona de ganadería (0,6834) y el Índice Shannon- Wiener, los seis puntos analizados con baja diversidad.

En el índice Simpson la diversidad del punto está en base a la presencia de familias como: Gamarridae, Hydrobiosidae y Leptohiphidae siendo estas familias las más presentes en la muestra (Soria,2016) nos menciona que el nivel de contaminación en un punto determinado hace que exista muy poca diversidad de microorganismo y en muchos casos esta sea nula.

La diversidad beta (β) para la muestra uno, como resultado para la similitud entre muestra se obtuvo como resultado del 66.67% para las zonas de páramo, ganadería, piscicultura y planta de tratamiento de aguas residuales.

4.7 Segunda muestra

4.7.1 Índice alfa (α)

Riqueza específica

Tabla 23

Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra dos

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Margalef	0	0,5824	1,07	1,059	0,4865	0,67

Nota. Presentación de los resultados muestra dos de riqueza específica de diversidad en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

Índice de similitud

Tabla 24

Diversidad Simpson Muestra dos

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Simpson_1-D	0	0,179	0,228	0,595	0,3085	0,129

Nota. Presentación de los resultados muestra dos de similitud en los 6 puntos del río Cinto.

Elaborado por: La autora.

Índice de dominancia Shannon – Wiener (H')

Tabla 25

Diversidad Shannon – Wiener Muestra dos

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Shannon_H	0	0,3795	0,8661	1,122	0,5776	0,308

Nota. Presentación de los resultados muestra dos de similitud en los 6 puntos del río Cinto.

Elaborado por: La autora.

4.7.2 Índice beta (β)

Índice de similitud/disimilitud o distancia

Tabla 26*Índice Simpson Muestra dos*

	Zona					
	Minería	Páramo	PTAR	Urbana	Ganadería	Piscicultura
Minería	1	1	0,25	0,75	0,66667	0,3333333
Páramo	1	1	1	0	0	0
PTAR	0,25	1	1	0,25	0,33333	0,6666667
Zona Urbana	0,75	0	0,25	1	1	0,6666667
Ganadería	0,6667	0	0,333333	1	1	0,6666667
Piscicultura	0,3333	0	0,666667	0,6666667	0,66667	1

Nota. Presentación de los resultados muestra dos de similitud o distancia con el índice Simpson en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

La diversidad alfa (α), para la muestra dos analizada por el índice Margalef, el dónde se analizó la riqueza de familias presentes en la muestra dio como resultado, la zona de la minería, la diversidad para el índice Simpson al que se acerca mayormente a una diversidad completa, zona de la actividad minera (0,595) y el Índice Shannon-Wiener, presenta la baja diversidad para los seis puntos analizados.

La diversidad beta (β) para la muestra dos, dio como resultado de similitud entre cuatro zonas: ganadería, zona urbana, minería y planta de tratamiento de aguas residuales, con un porcentaje de 66.67%.

4.8 Tercera muestra

4.8.1 Índice alfa (α)

Riqueza específica

Tabla 27*Diversidad Índice de Margalef (Dmg) Muestra tres*

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Margalef	2,012	0,9353	1,354	1,059	1,079	1,4

Nota. Presentación de los resultados muestra tres de riqueza específica de diversidad en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

Índice de similitud

Tabla 28

Diversidad Simpson Muestra tres

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Simpson_1-D	0,7917	0,3187	0,262	0,4062	0,5558	0,79

Nota. Presentación de los resultados muestra tres de similitud en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

Índice de dominancia Shannon – Wiener (H')

Tabla 29

Diversidad Shannon – Wiener Muestra tres

	Páramo	Ganadería	Urbana	Minería	Piscicultura	PTAR
Shannon_H	1,676	0,7008	0,6599	0,9571	1,094	1,666

Nota. Presentación de los resultados muestra tres de similitud en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

4.8.2 Índice beta (β)

Índice de similitud/disimilitud o distancia

Tabla 30

Índice Simpson Muestra tres

	Ganadería	Minería	Páramo	Piscicultura	PTAR	Urbana
Ganadería	1	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
Minería	0,4	1	0,5	0,5	0,833	0,2857
Páramo	0,4	0,5	1	0,3333333	0,5	0,3333
Piscicultura	0,2	0,5	0,3333	1	0,333	0,1667
PTAR	0,4	0,83333	0,5	0,3333333	1	0,3333
Urbana	0,4	0,28571	0,3333	0,1666667	0,333	1

Nota. Presentación de los resultados muestra tres de similitud o distancia con el índice Simpson en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

La diversidad alfa (α), para la muestra tres, el punto con mayor riqueza analizada por el índice Margalef fue la zona del páramo, la diversidad para el índice Simpson al que se acerca mayormente a una diversidad completa, se obtuvo la zona del páramo (0,7917)

y el Índice Shannon- Wiener, presenta la diversidad media en el páramo y los demás puntos diversidad baja.

La diversidad beta (β) para la muestra tres, con un porcentaje de similitud de 83.33%. en las zonas de Minería y planta de tratamiento de aguas.

4.9 Resultados de Caudal Ecológico- Método Tennant

4.9.1 Resultado de datos de caudal por el método del flotador

Tabla 31

Ejemplos de datos tomados para campaña de aforo

Largo (m)	Ancho A (m)	Profundidad A (m)	Ancho B (m)	Profundidad B (m)	Tiempo (s)
10	3,57	0,1	3,64	0,03	21,91
		0,18		0,12	25,75
		0,23		0,16	23,73
		0,28		0,2	23,61
		0,14		0,2	19,98
		0,17		0,22	
		0,15		0,04	

Nota. Presentación de los resultados M3 de similitud o distancia con el índice Simpson

en los 6 puntos del río Cinto. Elaborado por: La autora.

Tabla 32

Datos de caudal máximo de los meses de septiembre, octubre y noviembre

Fecha de toma	Q (m3/s)
12-sep-23	46,2036
13-sep-23	46,1825
14-sep-23	46,2085
15-sep-23	46,7825
16-sep-23	45,8507
17-sep-23	46,5421
18-sep-23	46,2806
19-sep-23	45,2584
20-sep-23	45,8732
21-sep-23	45,8684
10-oct-23	40,2365
11-oct-23	41,2521
12-oct-23	41,5407

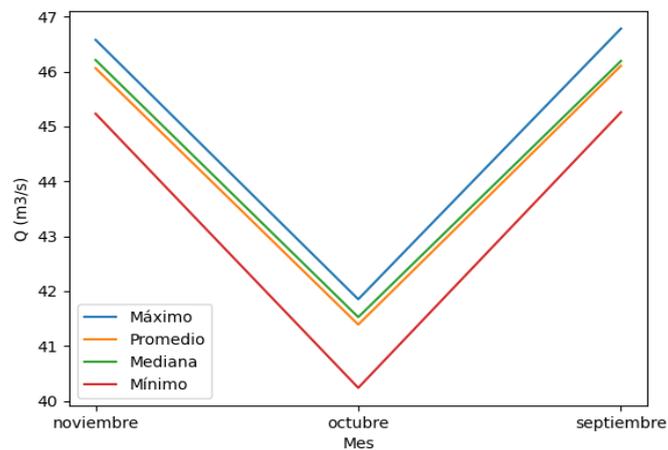
13-oct-23	41,3696
14-oct-23	41,4185
15-oct-23	41,5269
16-oct-23	41,5225
17-oct-23	41,5265
18-oct-23	41,8505
19-oct-23	41,6547
20-nov-23	45,2325
21-nov-23	45,5896
22-nov-23	45,8998
23-nov-23	45,9858
24-nov-23	46,2531
25-nov-23	46,2696
26-nov-23	46,1025
27-nov-23	46,2102
28-nov-23	46,5784
29-nov-23	46,2152
30-nov-23	46,3406

Nota. Presentación de caudal obtenido en 3 meses para el método Tennant. Elaborado por: La autora.

4.9.2 Cálculo de caudales realizado en el software Phyton

Figura 23

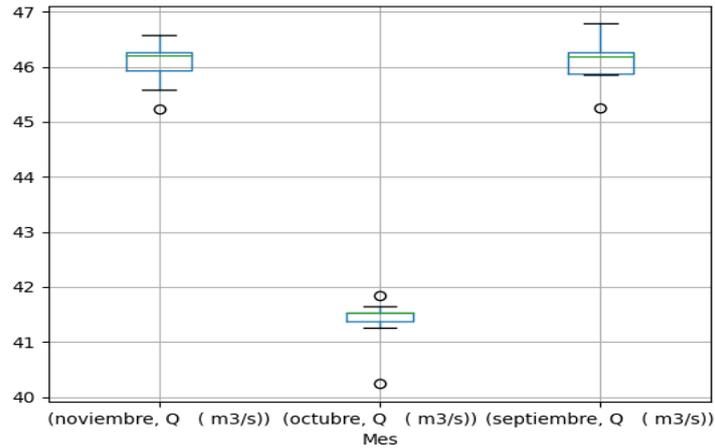
Grafico de caudales mensuales



Nota. Presentación de la aplicación de algoritmos para visualización de curva. Elaborado por: La autora.

Figura 24

Diagrama de cajas para los 3 meses



Nota. Presentación de diagrama de cajas de caudales. Elaborado por: La autora

4.10 Determinación de caudal ecológico al 10%, 30% y 60% por el método Tennant en

Phyton

Tabla 33

Caudal ecológico al 10%

Meses	Q (m3/s)
Septiembre	45.79147
Octubre	41.15054
Noviembre	45.58960

Nota. Presentación de caudal ecológico al 10% para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2023 por el método Tennant. Elaborado por: La autora.

Tabla 34

Caudal ecológico al 30%

Meses	Q (m3/s)
Septiembre	45.87176
Octubre	41.40383
Noviembre	45.98580

Nota. Presentación de caudal ecológico al 30% para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2023 por el método Tennant. Elaborado por: La autora.

Tabla 35

Caudal ecológico al 60%

Meses	Q (m3/s)
Septiembre	46,21520
Octubre	41,52666
Noviembre	46,21520

Nota. Presentación de caudal ecológico al 30% para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2023 por el método Tennant. Elaborado por: La autora.

4.10 Estimaciones del caudal optimo

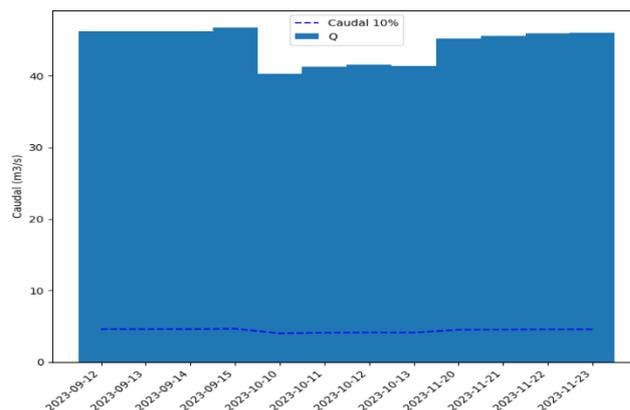
Para realizar la estimación se tomó 4 datos de caudal, por mes y de esta forma estimar cuál será el mejor porcentaje para implementar.

En la figura 24, se observa el caudal ecológico del 10%, es el mínimo recomendable para mantener un equilibrio en el hábitat acuático y que compromete a un periodo de corto plazo de supervivencia de las distintas formas de vida de los organismos presentes en el río Cinto.

Según el artículo 411.- De la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento, el estado debería garantizar la conservación y el manejo integral de las cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y se deberá regular la actividad que no permita un equilibrio en el ecosistema, siendo estas fuentes y zonas de descarga

Figura 25

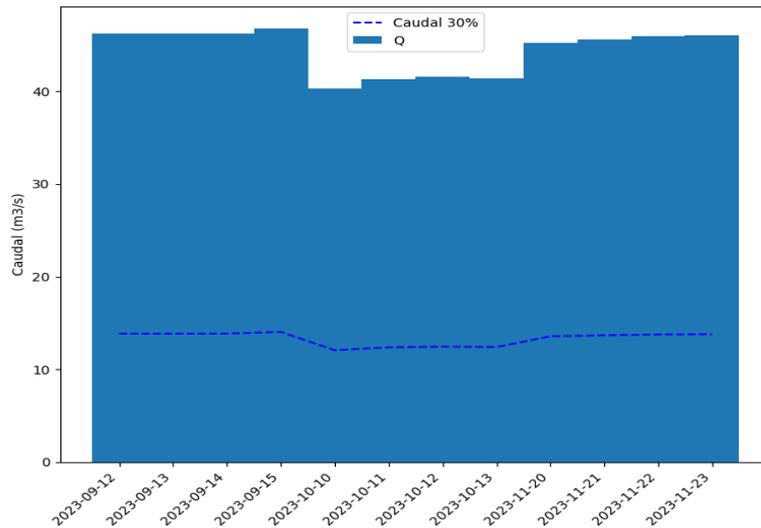
Caudal ecológico mínimo en el río Cinto



Nota. Presentación de diagrama caudales con respecto al caudal mínimo. Elaborado por:
La autora.

En la figura 25, se observa el caudal ecológico 30%, es recomendable para mantener el equilibrio de la vida en el hábitat y la sobrevivencia de la vida acuática en el río Cinto.

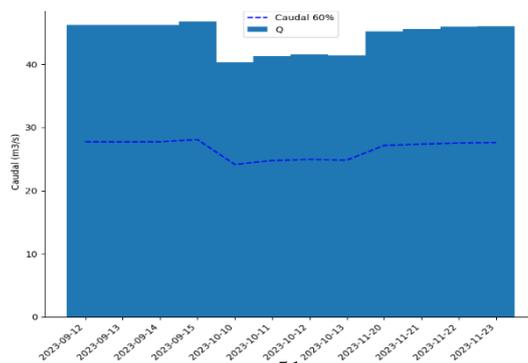
Figura 26
Caudal ecológico recomendable en el río Cinto



Nota. Presentación de diagrama caudales con respecto al caudal recomendable. Elaborado por: La autora.

En la figura 26, se puede observar el caudal al 60%, siendo este el caudal que se encuentra en rango óptimo y que compromete una excelente forma de vida a los organismos acuáticos presentes en el río Cinto.

Figura 27
Caudal ecológico excelente para el río Cinto



Nota. Presentación de diagrama caudales con respecto al caudal de rango óptimo.

Elaborado por: La autora

En la figura 25, observamos el caudal al 60%, caudal apropiado a implementar en la microcuenca río Cinto, el aforo de caudal se tomó en época de invierno lo que permite evaluar las características del río cuando este aumenta su cauce. Se tomó en cuenta la variación del caudal en el mes de octubre, existe una probabilidad del aumento del caudal en los próximos 2 a 3 años.

El método implementado, al no tener que seguir una guía específica de conocimiento, permite identificar niveles de caudal adecuado (Acreman & Dunbar, 2004).

El caudal estimado fue de $46,21520 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo caudal óptimo para el desarrollo adecuado de la vida acuática y la sobrevivencia de las diferentes formas de vida.

El código orgánico del ambiente en el Art.383 corrobora la importancia de mantener caudal ecológico, y de cómo los recursos hídricos son destinos para consumo humano y no de interés privado, que afecten al caudal del río, poniendo en peligro la salud del ecosistema.

Adicional de la determinación de caudal ecológico, es necesario implementar el manejo integral de la cuenca asociada a su ciclo hidrológico y se deberá regular toda actividad que afecte calidad y cantidad del agua tal y como lo dice el Art.414.- De la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento.

4.11 Propuestas de conservación

- ✓ Brindar charlas a la comunidad interesada, para dar a conocer el estado del río Cinto y la propuesta de medidas a implementar.
- ✓ Capacitación a pobladores enfocados en temas de conservación de la microcuenca y demás afluentes ubicados en el sector Lloa.
- ✓ Implementar programas de educación ambiental, desde las escuelas ubicadas en la parroquia Lloa, de esta manera se busca sensibilizar el cuidado de las fuentes hídricas.
- ✓ Implementar una buena red de recolección de desechos sólidos, que lleguen a lugares lejanos de la parroquia, como lo es Palmira y de esta forma no se arrojaría desechos al río.
- ✓ Evaluación permanente de los puntos de ganadería, piscicultura y planta de tratamiento de aguas residuales, del tipo de descargas que realizan en dichos sectores.
- ✓ Caracterización de vertidos inusuales en el río Cinto, para descartar afectación al hábitat acuático, como también a la salud humana y de animales que beben del agua del río.
- ✓ La parroquia al ser un lugar turístico por diferentes actividades como: pesca deportiva, cascadas, etc. Se podría implementar una conformación de grupos técnicos que involucren a la comunidad, con el turismo y la preservación de los recursos naturales de la zona.
- ✓ El sector de la minería, socializar a la población y trabajadores del tipo de actividad realizada en la zona misma que podría provocar una mala calidad del agua al río Cinto.

- ✓ Dar seguimiento al PDOT de la cantera ubicada en el sector y exigir el cumplimiento de los planes y desarrollo de las actividades, que no involucren contaminación puntual al río Cinto.
- ✓ Implementar una red de estación hidrológica o dotar de equipos, que permitan conocer de datos hidrológicos, que alerten a la población de posibles estiajes o avenidas de caudal del río Cinto.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La recolección de las tres muestras e identificación de macroinvertebrados en los seis puntos presento 849 individuos pertenecientes a 11 ordenes y 22 familias. Entre las familias con mayor abundancia se encuentra familia Gamarridae con el 55%, Tubicidae 12%, Oligochaeta 6% y Baetidae con 5%.

La calidad del agua en el río Cinto, calculada a través del índice Biológico Andino (ABI) determino mala calidad en los 6 puntos de muestreo de M1 y M2, para M3 existió un ligero cambio en la calidad de agua, siendo esta moderada en los puntos de Zona Urbana, Minería y Planta de tratamiento de aguas residuales.

La diversidad alfa (α), para M1, se calculó la riqueza específica de la muestra con el índice de Margalef el cual fue bajo en todos los puntos, con menor diversidad el punto de la piscicultura (0,5824) , en cuanto a similitud de la muestra se comparó el Índice Simpson el punto con menor similitud fue el de la PTAR con un valor de (0,2) e índice Shannon-Wiener con mayor dominancia el punto de la minería (1,25).

La diversidad beta (β) para M1 se tomó el índice Simpson donde evalúa la similitud y distancia el punto de Piscicultura tiene similitud con el punto de la PTAR (0,67) y Ganadería (0,667) la distancia entre los puntos es considerable, sin embargo, las características de los puntos, cobertura vegetal existente y características medianamente parecidas hacen que exista un 67% de similitud.

La diversidad alfa (α), para M2, se calculó la riqueza específica de la muestra con el índice de Margalef el cual fue bajo en todos los puntos, con menor diversidad el punto del páramo (0,0), en cuanto a similitud de la muestra se comparó el Índice Simpson el punto con menor similitud fue el punto del páramo con un valor de (0,0) e índice Shannon-Wiener con mayor dominancia el punto de la minería (1,12).

La diversidad beta (β) para M2 se tomó el índice Simpson donde se evaluó la similitud y distancia los puntos con el 67% de similitud entre puntos fueron Ganadería, Zona Urbana y PTAR (0,67), resultado obtenido entre los dos primeros puntos cercanía de los puntos mientras que la PTAR características del hábitat.

La diversidad alfa (α), para M3, se calculó la riqueza específica de la muestra con el índice de Margalef el cual fue bajo en todos los puntos, con menor diversidad el punto de ganadería (0,9353), en cuanto a similitud de la muestra se comparó el Índice Simpson el punto con menor similitud fue el de la zona urbana con un valor de (0,262) e índice Shannon-Wiener con mayor dominancia el punto de la PTAR (1,66).

La diversidad beta (β) para M3 se tomó el índice Simpson donde evalúa la similitud y distancia el punto de PTAR y Minería con 83% de similitud de individuos encontrados en la muestra y las características del hábitat en estos puntos.

De acuerdo al análisis de las características morfológicas del río Cinto y al no contar con una estación hidrológica que de el seguimiento importante a la microcuenca, se analizó el posible incremento del caudal a través de los años.

Al tener una descarga directa, fuente puntual de contaminación, como lo es la planta de tratamiento de aguas residuales. El caudal ecológico determinado para el río Cinto es el de 60 %, la metodología implementada en Phytom, permitió visualizar que en meses de estiaje el mantener el caudal permitiría el desarrollo, recuperación del hábitat natural y la conservación de la flora y fauna.

Mediante el estudio de macroinvertebrados y determinación de caudal ecológico, se realizó propuestas de conservación, que permitirán un buen manejo de la microcuenca y del caudal del río, con la participación de pobladores y de responsables de actividades como ganadería, minería y piscicultura.

5.2 Recomendaciones

Implementar estudios de calidad de agua en las diferentes cuencas hídricas, con el método de estudio de macroinvertebrados.

Establecer planes de manejo de desechos de las actividades mineras, piscicultura en conjunto con la autoridad competente más cercana.

Implementar las propuestas de conservación escritas en resultados para el río Cinto.

Monitorear la zona de Lloa con la implementación de una estación hidrológica, para obtención de datos para investigaciones futuras, que permitan la toma de medidas preventivas para la conservación de la microcuenca y de afluentes del sector.

El método Tennat implementado no toma en cuenta características hidrobiológicas de la cuenca, por lo que es necesario verificar en campo, si en el lugar existe fuentes puntuales de contaminación que no dejen restablecer las diferentes formas de vida del hábitat, los resultados previstos no serán lo esperado.

6. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. 2009. *Estudio de la cuenca alto andina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquinona de sus cabeceras cársticas*. Tesis Doc. Barcelona, ES. Universidad de Barcelona. 133 p.
- Acreman, M. C., & Dunbar, M. J. (2004). Defining environmental river flow requirements— a review. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(5), 861-876.
- Smakhtin, V. U. (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal of hydrology*, 240(3-4), 147-186.
- Aguilera, G., Pouilly, M., & O m e n t a r i o, C. (2012). *Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación a la región andina*. Org.ar. https://www.lillo.org.ar/revis/zoo/2012/v56n1_2/v56n1_2a02.pdf
- Arias, V. (2012). *Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal*. Análisis. Quito-Ecuador: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental.
- Arthington, A. H., Land and Water Resources Research and Development Corporation, Arthington, A. H., & Zalucki, J. M. (1998). *Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of methods* (Vol. 27, p. 141). Canberra: Land and Water Resources Research and Development Corporation.
- Arthington, A.H. and ZaluckI, J.M. *Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Methods*. Australia: Land and Water Resources Research and Development Corporation, 1998
- Buestán, J. C. (2019). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. In Tesis
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia.
- 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/

Cornell, H.V. & J.H. Lawton. 1992. *Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: A theoretical perspective*. *Journal of Animal Ecology*, 61: 1-12.

Cruz, M., Gabor, N., Mora, E., Jiménez, R., & Mair, J. (2003). The Known and Unknown About Marine Biodiversity in Ecuador (Continental and Insular) *Lo Conocido Y Desconocido De La Biodiversidad Marina En El Ecuador (Continental E Insular)*. *Gayana*, 67(2), 232-260.

Cota, L; Goulart, M; Moreno, P; Castillo, M. 2002. *Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health*. *Verh. Internat. Verein. Limnol* 28: 1-4.

Data y Resultados. (2023, septiembre 6). INEC. <https://www.censoecuador.gob.ec/data-y-resultados/>

Ecológicos, C. C. (s/f). *Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal*. Amazonaws.com. Recuperado el 22 de enero de 2024, de <https://documentoskoha.s3.amazonaws.com/15663.pdf>

Fernández (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, 654 pp.

Ferriol M. y H. Merie (2014) *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad*, Universidad Politécnica de Valencia, España.

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*.

Izurieta, R., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E., & Ochoa, T. (2019). Calidad del agua en Ecuador. *Calidad del Agua en las Américas*, 284.

- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp
- PNUMA (1992), *Diversidad biológica del Perú: Zonas prioritarias para su conservación*. Min. Agro. INRENA, Lima.
- Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., ... & Stromberg, J. C. (1997). *The natural flow regime*. *BioScience*, 47(11), 769-784.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall. 2009. *Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Pp. 631-654. En: Domínguez, E. y H. R.
- Pyrce, R. (2004). *Hydrological low flow indices and their uses*.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall.
- Sandoval Erazo, W. R., & Aguilera Ortiz, E. P. (2014). *Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica*. Repositorio de la Universidad Estatal de Milagro <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3072>
- Santacruz de León, G., & Aguilar-Robledo, M. (2009). *Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant*. *Hidrobiológica*, 19(1), 25-32.
- Stewardson, M. (2005). *Environmental flow analysis*. CRC for Catchment Hydrology.

7.ANEXOS

Anexo 1 Toma de coordenadas geograficas.



Nota. Presentación de toma de coordenadas geograficas de los 6 puntos de muestreo con el GPS. Elaborado por: La autora.

Anexo 2 Ubicación de puntos de muestreo



Nota. Presentación de la cobertura vegetal existente en los puntos de análisis. Elaborado por: La autora.

Anexo 3 Proceso de aforo de caudal



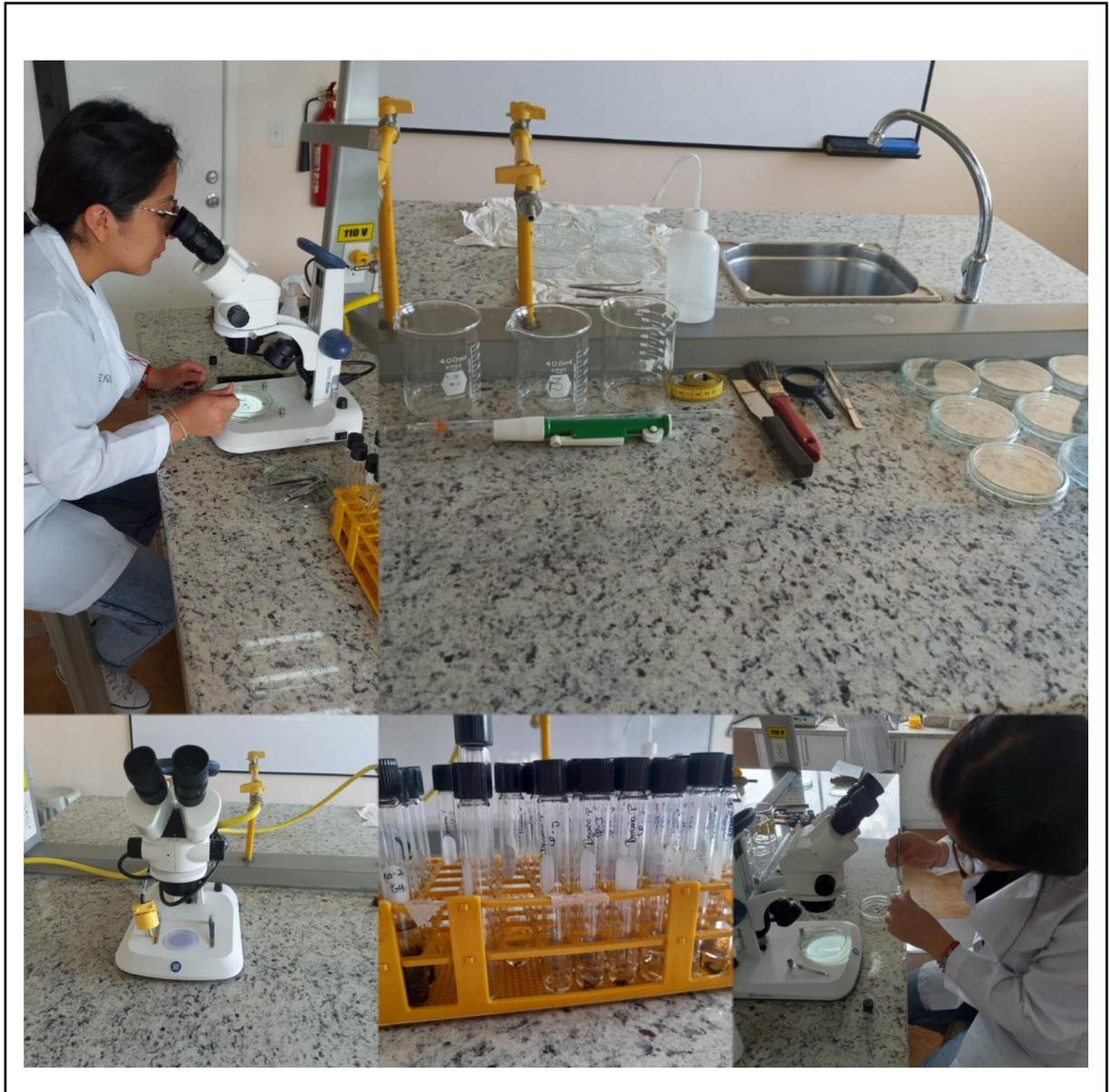
Nota. Presentación de método del flotador para aforo de caudal en planta de tratamiento de aguas residuales. Elaborado por: La autora.

Anexo 4 Proceso de muestreo de macroinvertebrados



Nota. Presentación de muestreo de macroinvertebrados, limpieza de la muestra y envase de la muestra. Elaborado por: La autora.

Anexo 5 Identificación de macroinvertebrados



Nota. Presentación identificación y clasificación de macroinvertebrados además de materiales y equipos utilizados en la fase de laboratorio. Elaborado por: La autora.

Anexo 6 Macroinvertebrados presentes en la muestra uno

Páramo



Ganaderia



Zona Urbana



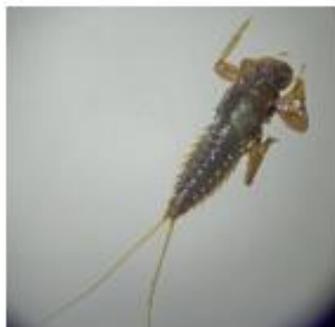
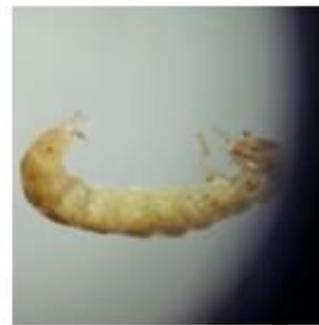
Mineria



Piscícola



Planta de tratamiento de aguas residuales



Nota. Presentación de macroinvertebrados encontrados en los 6 puntos en la primera muestra. Elaborado por: La autora.

Anexo 7 Macroinvertebrados presentes en la muestra dos



Páramo



Ganaderia

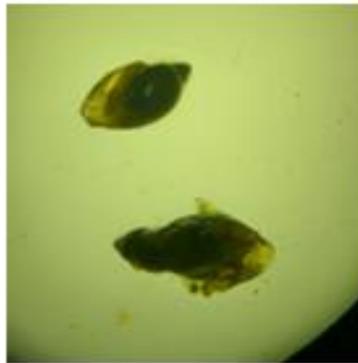


Zona Urbana





Mineria



Piscicola



Planta de tratamiento de aguas residuales



Anexo 9 *Macroinvertebrados encontrados en la muestra tres*

Páramo



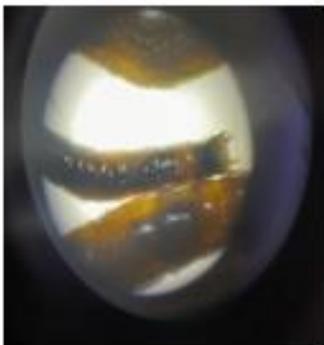


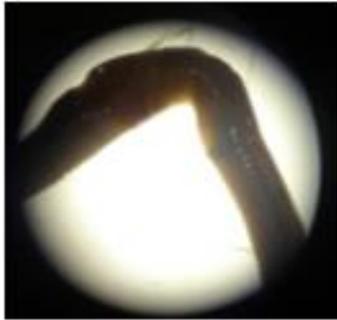
Zona Urbana



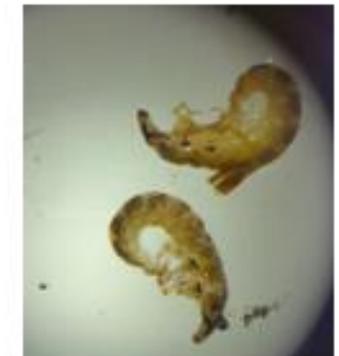


Minería



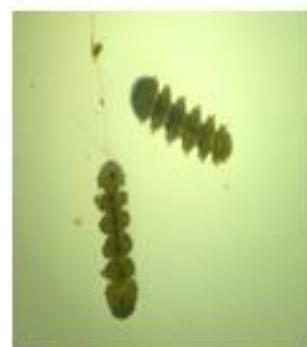


Piscicola





Planta de tratamiento de aguas residuales





Nota. Presentación de macroinvertebrados encontrados en los 6 puntos en la tercera muestra. Elaborado por: La autora.

Anexo 10 Comandos para la determinación de caudal ecológico en Phytton

Documentación del código del archivo “Caudal ecológico con python.ipynb”
%matplotlib notebook

Este comando es específico de entornos de programación como Jupyter Notebook. Importa la librería que se usa para graficar

```
import pandas as pd
```

Este comando importa la librería Pandas, utilizada para el análisis y la manipulación de datos.

```
datos_caudales = pd.read_excel('datos.xlsx', index_col=0, parse_dates=True)
```

Este comando carga los datos del archivo Excel "datos.xlsx" en un DataFrame de Pandas, utilizando la columna 0 (fecha) como índice.

```
datos_caudales.head()  
datos_caudales.tail()
```

Estos comandos muestran las primeras/últimas 5 filas de los datos.

```
datos_caudales['Q ( m3/s)'].plot()  
figsize=(16,3)
```

Este comando genera un gráfico de la columna "Q (m3/s)" del DataFrame,

```
solo_caudal = datos_caudales[['Q ( m3/s)']]
```

Este comando extrae la columna "Q (m3/s)" del DataFrame original.

```
solo_caudal.plot(style=".")  
figsize=(16,3)
```

Este comando crea un gráfico mostrando los datos como puntos

```
caudales_mensuales = solo_caudal.groupby(lambda m: m.month)
```

Este comando agrupa los datos del DataFrame filtrado por mes, creando un nuevo DataFrame con los datos agrupados.

```
caudales_mensuales.max()
```

```
caudales_mensuales.mean()
caudales_mensuales.median()
caudales_mensuales.min()
```

Estos comandos calculan los valores máximos, medios, medianos y mínimos de los datos agrupados por mes.

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Este comando importa la biblioteca Matplotlib para la creación de gráficos.

```
plt.plot(caudales_mensuales.max(),label='Máximo')
plt.plot(caudales_mensuales.mean(),label='Promedio')
plt.plot(caudales_mensuales.median(),label='Mediana')
plt.plot(caudales_mensuales.min(),label='Mínimo')
plt.xlabel('Mes')
plt.legend()
plt.show()
```

Este comando genera un gráfico que muestra los valores máximos, medios, medianos y mínimos de los datos agrupados por mes.

```
caudales_mensuales.boxplot(subplots=False, return_type="dict")
plt.xlabel('Mes')
```

Este comando crea un diagrama de cajas para visualizar la distribución de los datos agrupados por mes.

```
caudales_mensuales.quantile(.05)
caudales_mensuales.quantile(.05).plot()
```

Estos comandos calculan el cuantil 0.05 (5%) de los datos agrupados por mes y lo grafican.

```
caudales_mensuales.quantile(0.1)
caudales_mensuales.quantile(0.3)
caudales_mensuales.quantile(0.6)
```

Estos comandos calculan los cuantiles 0.1, 0.3 y 0.6 (10%, 30% y 60%) de los datos agrupados por mes.

```
.plot(), grafica dichos datos
```