



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO Y MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS EN LA ACEQUIA ASOCIACIÓN “PUGYO PRADO”, MEDIANTE EL
MÉTODO TENNANT E ÍNDICE BIOLÓGICO (ABI) EN EL CANTÓN CAYAMBE,
PROVINCIA DE PICHINCHA. 2024**

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

AUTOR: SISA LILIANA QUILO INLAGO
TUTOR: FREDDY VICENTE CUARÁN SARZOSA

Quito - Ecuador

2026

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

Yo, Sisa Liliana Quilo Inlago con documento de identificación N° 1724169790 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, 2 de abril del año 2026

Atentamente,



Sisa Liliana Quilo Inlago
1724169790

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

Yo, Sisa Liliana Quilo Inlago con documento de identificación No. 1724169790 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: “Determinación del caudal Ecológico y macroinvertebrados acuáticos en la acequia asociación “Pugyo Prado”, mediante el método Tennant e índice biológico (ABI) en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha. 2024”, 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 del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 2 de abril del año 2026

Atentamente,



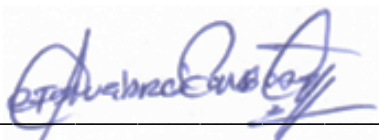
Sisa Liliana Quilo Inlago
1724169790

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Freddy Vicente Cuarán Sarzosa con documento de identificación N° 1002477188, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA ACEQUIA ASOCIACIÓN “PUGYO PRADO”, MEDIANTE EL MÉTODO TENNANT E ÍNDICE BIOLÓGICO (ABI) EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA. 2024, realizado por Sisa Liliana Quilo Inlago con documento de identificación N° 1724169790, 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, 2 de abril del año 2026

Atentamente,



Ing. Freddy Vicente Cuarán Sarzosa, M.Sc.
1002477188

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Nicolasa y Néstor, por su amor, apoyo y sacrificio incondicional, que han sido mi mayor fortaleza en cada etapa de mi vida. A mis hermanos, sobrinos y a quienes han estado a mi lado, gracias por su compañía, motivación y confianza constante, que me impulsaron a no rendirme y a seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

Agradezco también a Christian y a mi mejor amigo Braulio por su paciencia, ánimo y apoyo sincero en los momentos más difíciles. Finalmente, me la dedico a mí misma, por la valentía, esfuerzo y perseverancia que hicieron posible este logro. Este trabajo es el reflejo del amor y respaldo de todos ustedes.

Sisa Liliana Quilo Inlago

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de este proceso.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi tutor de tesis, Fredy Cuaran, por su orientación y apoyo constante durante toda esta travesía. Su paciencia, conocimiento y compromiso fueron fundamentales para avanzar en cada etapa de mi trabajo.

Agradezco también al ingeniero Fabián Bersosa, por su guía y valiosos consejos, que contribuyeron significativamente al desarrollo de mi investigación. De igual manera, quiero agradecer al ingeniero Edwin Arias, por su apoyo y conocimientos, los cuales fueron esenciales para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto.

Mis más sinceros agradecimientos a mis amigos Braulio, Carol, Christian y Kevin, quienes siempre estuvieron ahí para ofrecerme su apoyo incondicional. Su presencia, palabras de aliento y respaldo fueron cruciales para mantenerme motivado en los momentos más difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Específicos.....	3
1.3 Hipótesis	4
1.3.1 Hipótesis 1	4
1.3.2 Hipótesis 2	4
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1 Caudal	5
2.2 Caudal ecológico	5
2.3 Hidrología.....	6
2.4 Microcuenca	6
2.5 Método Tennant	6
2.6 Macroinvertebrados.....	7
2.7 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)	8
2.8 Índice ABI	9
2.9 Contaminación fuentes hídricas	10
2.10 Biodiversidad	12
2.11 Marco Legal	12
3 MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Materiales	13
3.1.1 Fase de Campo	13
3.1.2 Fase de laboratorio	13
3.2 Metodología.....	14
3.2.1 Determinación área de estudio	14
3.3 Muestreo de macroinvertebrados	14
3.3.1 Fase de campo	15
3.3.2 Fase de laboratorio	16
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Resultados de macroinvertebrados recolectados.....	21

4.2	Índice ABI puntuación.....	22
4.3	Resultado Del Índice ABI Calidad Bmwp/Col	24
4.4	Resultado de caudal Ecológico.....	25
4.5	Determinación del caudal ecológico mediante el método de Tennant (10 %, 30 % y 60 %)	25
4.6	Estrategias para la conservación de la acequia.....	27
4.6.1	Reforestar las orillas con especies locales	28
4.6.2	Creación de humedales artificiales adaptados a la región	28
4.6.3	Colocación de troncos o ramas.....	28
4.6.4	Piedras grandes o rocas.....	28
4.6.5	Control de la Contaminación.....	28
4.6.6	Promover prácticas agrícolas sostenibles	28
4.6.7	Educación y Sensibilización Comunitaria	29
4.6.8	Colaboración Comunitaria en la Gestión.....	29
4.6.9	Conservación de la Biodiversidad Acuática	29
4.6.10	Vinculación con la Comunidad.....	30
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1	Conclusiones.....	31
6	BIBLIOGRAFÍA.....	33
7	ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Listado de familias con el índice BMWP	8
Tabla 2	Estándar del índice ABI de calidad del agua	10
Tabla 3	Materiales utilizados en la fase de campo.....	13
Tabla 4	Listado de materiales utilizados en el laboratorio	13
Tabla 5	Familias de macroinvertebrados encontrados en los 3 puntos de la Asociación Prado 1 y 2.....	21
Tabla 6	Puntuación del índice ABI.....	22
Tabla 7	Índice ABI Calidad Bmwp/Col	24
Tabla 8	Datos mensuales recolectados para caudal ecológico.....	25
Tabla 9	Determinación de caudales ecológicos	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Delimitación del área de estudio.....	3
Figura 2	Puntos de muestreo Asociación Prado 1 y 2	14
Figura 3	Recolección de macroinvertebrados	15
Figura 4	Identificación de macroinvertebrados	17
Figura 5	Lanzamiento de pelota para la estimación de caudal.....	19
Figura 6	Caudal ecológico en Rstudio.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Identificación de los puntos de muestreo	36
Anexo 2	Recolección de macro invertebrados.....	36
Anexo 3	Identificación de macro invertebrado en el laboratorio	37
Anexo 4	Clasificación de macro invertebrados en el laboratorio	37

RESUMEN

La calidad del agua es crucial para la vida, ya que influye en la salud humana y en los ecosistemas. Por otro lado, el caudal ecológico es clave para mantener los ecosistemas acuáticos, preservar la biodiversidad y evitar la degradación de fuentes hídricas.

Este estudio evaluó la calidad del agua en la acequia "Asociación 1 y 2 Prado", ubicada en el cantón Cayambe, parroquia San José de Ayora, provincia de Pichincha. Para ello, se empleó el Índice Biológico ABI y el método Tennant para la determinación del caudal ecológico.

Esta investigación tiene como objetivos determinar el caudal ecológico y evaluar los macroinvertebrados acuáticos, mediante el método Tennant y el Índice Biológico (ABI), como indicadores de la conservación de la Acequia Asociación 1 y 2, así también proponer estrategias de gestión y conservación basadas en los resultados obtenidos sobre la calidad del agua en la zona de estudio.

La metodología utilizada para determinación la calidad del agua consiste en el índice ABI para evaluar la calidad del agua según las familias de macroinvertebrados presentes, con los siguientes parámetros: 90-100 (excelente), 70-89 (buena), 50-69 (moderada), 25-49 (mala) y 0-24 (pésima). Se identificaron las familias Planorbidae, Libellulidae, Psephenidae y Planaridae, con una abundancia total de 46, sin superar los 25 puntos, lo que indica una calidad del agua pésima.

El caudal ecológico se estimó a través del método Tennant en el mes de octubre, noviembre y diciembre de 2024, calculando los caudales ecológicos recomendados en función del caudal medio anual: 10 % (5,9083 L/s) para la supervivencia acuática, 30 % (17,725 L/s) para un hábitat adecuado y 60 % (35,4501 L/s) para condiciones óptimas, con un caudal medio de 59,8 L/s, concluyendo que el mínimo necesario es el 10 % del caudal promedio anual.

Del análisis de la metodología ABI se concluye que en los puntos 1, 2 y 3, la calidad del agua es pésima, ya que la diversidad de macroinvertebrados es limitada. La calidad del agua se encuentra en un estado crítico, reflejada en un índice ABI inferior a 15, lo que indica una calidad bastante baja. En particular, el punto 3 presenta una calidad del agua en condiciones críticas.

Palabras Clave: Caudal ecológico, macroinvertebrados acuáticos, calidad de agua, método de Tennant, Índice Biológico Andino (ABI).

ABSTRACT

Water quality is crucial for life, as it influences human health and ecosystems. On the other hand, ecological flow is key to maintaining aquatic ecosystems, preserving biodiversity, and preventing the degradation of water sources.

This study evaluated the water quality in the Association 1 y 2 Prado" irrigation canal, located in the Cayambe canton, San José de Ayora parish, Pichincha province. The ABI Biological Index and the Tennant method were used to determine the ecological flow.

The objectives of this research are to determine the ecological flow and assess aquatic macroinvertebrates, using the Tennant method and the Biological Index (ABI) as indicators of the conservation of the Association 1 y 2 irrigation canal, as well as propose management and conservation strategies based on the results obtained regarding the water quality in the study area.

The methodology used to determine water quality consists of the ABI index to evaluate water quality based on the families of macroinvertebrates present, with the following parameters: 90-100 (excellent), 70-89 (good), 50-69 (moderate), 25-49 (poor), and 0-24 (very poor). The families Planorbidae, Libellulidae, Psephenidae, and Planaridae were identified, with a total abundance of 46, not exceeding 25 points, indicating very poor water quality.

The ecological flow was estimated through the Tennant method in October, November, and December of 2024, calculating the recommended ecological flows based on the annual average flow: 10% (5.9083 L/s) for aquatic survival, 30% (17.725 L/s) for suitable habitat, and 60% (35.4501 L/s) for optimal conditions, with an average flow of 59.8 L/s, concluding that the minimum required is 10% of the annual average flow.

From the analysis of the ABI methodology, it is concluded that at points 1, 2, and 3, the water quality is very poor, as the diversity of macroinvertebrates is limited. The water quality is in a critical state, reflected in an ABI index below 15, indicating a very low quality. Specifically, point 3 presents the water quality under critical conditions.

Keywords: Ecological flow, aquatic macroinvertebrates, water quality, Tennant method, Biological Index Andean (ABI).

1 INTRODUCCIÓN

El mal estado de estos factores puede provocar una disminución en la biodiversidad acuática, afectando a las especies que dependen del agua limpia y saludable. La alteración del caudal ecológico puede llevar a la desecación de hábitats acuáticos, mientras que la baja calidad del agua, reflejada en un índice ABI bajo, puede dañar las comunidades de macroinvertebrados, los cuales son fundamentales para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. En conjunto, esto puede desencadenar una cascada de efectos negativos, incluyendo la disminución de la calidad de vida acuática y la degradación de los ecosistemas acuáticos en general (Calidad Del Agua Final, 2016, pp 11).

En 2024, Ecuador experimentó condiciones climáticas inusuales, caracterizadas por sequías severas y una notable disminución de las precipitaciones y la nubosidad. Estas condiciones provocaron que los ríos alcanzaran niveles más bajos que en los últimos 40 años, afectando significativamente las fuentes hídricas del país. La escasez de lluvias los acuíferos y la disponibilidad de agua superficial, impactando tanto el suministro de agua potable como las actividades agrícolas y energéticas que dependen de este recurso. Además, la sequía afectó los páramos andinos, ecosistemas clave para la regulación hídrica, lo que llevó a comunidades locales a implementar esfuerzos de preservación y rehabilitación para salvaguardar áreas vitales. Estas alteraciones climáticas resaltan la vulnerabilidad de las fuentes hídricas de Ecuador ante fenómenos climáticos extremos y la importancia de estrategias de manejo sostenible y conservación de los recursos acuáticos (Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño, 2024, p 8-9).

La Asociación Prado 1 y 2, que abarca 210 hectáreas y alberga a aproximadamente 800 habitantes, se encuentra en una zona geográfica estratégica. Al norte limita con la parroquia de San José de Ayora, donde diversas comunidades dependen de los mismos recursos hídricos; al sur colinda con el cantón Cayambe; al este, está próxima al Distrito Metropolitano de Quito

En este marco, este estudio se enfoca en la determinación del caudal ecológico mediante el método de Tennant y el Índice Biológico ABI, con el fin de evaluar el estado de los recursos hídricos de la zona”(Hacienda “El Prado” Centro de La Disputa En Cayambe – Diario La Hora, 2020, pp 12).

Varias acciones influyen en la calidad del recurso hídrico como actividades antropogénicas Identificadas en las tres áreas de muestreo como la influencia de animales, lavanderías, cultivos que liberan pesticidas por escorrentía, el crecimiento urbano con la construcción de viviendas, el centro de acopio de leche y los invernaderos, el uso inadecuado del suelo han generado un impacto negativo en el medio ambiente.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos de Ecuador, que establece no solo el caudal ecológico requerido, sino también los derechos y prioridades en el uso del agua en nuestra región. El Artículo 4 de esta ley resalta la necesidad de conservar y proteger el agua de manera sostenible como recurso natural. Al comprender y respetar estos principios, hacia un manejo sustentable y responsable de nuestros recursos acuáticos, en beneficio de nuestra comunidad y del entorno natural que compartimos.

Figura 1

Delimitación del área de estudio



Nota. Elaborado por la autora, 2026 | Herramienta: Google Earth

1.1 Objetivo General

Determinar el caudal ecológico y macroinvertebrados acuáticos, mediante el método Tennant e Índice Biológico (ABI), como indicadores de la conservación de la acequia Asociación” Pugyo Prado”, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha. 2024

1.2 Específicos

Determinar el caudal ecológico que mantenga la funcionalidad de la Acequia Asociación "Pugyo Prado".

Establecer la calidad del agua de la Acequia mediante el análisis del Índice Biológico (ABI).

Proponer estrategias de gestión y conservación de la Acequia Asociación "Pugyo Prado" a partir de los resultados de la calidad de agua en la zona de estudio.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis 1

El caudal de la acequia Asociación Prado 1 y 2 es adecuado para mantener el funcionamiento adecuado de los ecosistemas acuáticos, favoreciendo la biodiversidad y las funciones ecológicas.

1.3.2 Hipótesis 2

Las actividades antrópicas influyen en la calidad del agua en la acequia Asociación prado 1 y 2.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La administración y preservación de los recursos acuíferos. es de suma importancia en el contexto académico. Un componente crucial de esta gestión es comprender la relación intrínseca entre cantidad y Estado del agua y su efecto en los ecosistemas acuáticos. Este marco teórico profundizará en conceptos fundamentales, como el caudal ambiental, caudal ecológico, macroinvertebrados, calidad del agua y contaminación de acequias a causa de actividades humanas y ganaderas.

2.1 Caudal

El caudal se refiere al volumen de agua que fluye a través de un punto específico de un río, arroyo o cuerpo de agua durante un período determinado, generalmente medido en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por segundo (m^3/s). El caudal puede verse afectado por factores como las precipitaciones, el deshielo, el uso del agua y la evapotranspiración. Es un indicador clave para evaluar la cantidad de agua disponible en un sistema acuático, y su medición es fundamental para la gestión de los recursos hídricos y el diseño de infraestructuras como presas y canales (Valdiviezo, 2020).

2.2 Caudal ecológico

El caudal ecológico se refiere a la cantidad mínima de agua que debe mantenerse en un río, arroyo o cuerpo de agua para asegurar la salud y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Este caudal es esencial para sustentar la biodiversidad acuática, los procesos ecológicos y el equilibrio de los hábitats naturales. El caudal ecológico no solo tiene en cuenta la cantidad de agua, sino también la calidad del agua y los flujos naturales que permiten la

reproducción de especies, el transporte de sedimentos y nutrientes, y el mantenimiento de los hábitats acuáticos (Valdiviezo, 2020).

2.3 Hidrología

(Hidrología, 2021) explica que la hidrología es la ciencia que estudia el agua en la Tierra, su distribución, circulación y propiedades, así como los procesos que influyen en el ciclo hidrológico. Esto incluye la investigación de fenómenos como las precipitaciones, la evaporación, la infiltración, el escurrimiento superficial y el almacenamiento de agua en ríos, lagos, acuíferos y en la atmósfera (pp 45-48).

2.4 Microcuenca

(*Microcuenca | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, n.d.) menciona que la microcuenca es una pequeña unidad geográfica habitada por familias que gestionan recursos como suelo, agua y vegetación. Aparte de su enfoque tradicional territorial e hidrológico, es crucial considerarla desde una perspectiva social, económica y operativa. La microcuenca es una zona donde interactúan aspectos económicos, sociales y ambientales, lo que implica que su planificación debe tener en cuenta estas interacciones para una administración responsable de los recursos (Microcuenca | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, pp 17-18).

2.5 Método Tennant

El método de Tennant, creado por el ecólogo y científico estadounidense D. W. Tennant en 1976, es un enfoque utilizado para calcular el caudal ecológico necesario en ríos y arroyos, basado en un porcentaje del caudal medio anual. Este método establece que un porcentaje específico del caudal promedio anual debe mantenerse en el sistema acuático para sustentar la

vida acuática, con valores típicos como el 10% para la supervivencia básica, el 30% para un hábitat adecuado, y el 60% para condiciones óptimas de los ecosistemas acuáticos (Metodologías Para El Cálculo de Caudales Ecológicos y Ambientales En Ríos Regulados Por Presas, 2019, pp 80-90).

Este método utiliza porcentajes del caudal promedio anual para estimar el caudal ecológicos de manera rápida y económica, ayudando a determinar los niveles de caudal recomendados para preservar la vida acuática en buen estado.

$$CE = CMA \times P$$

Donde:

- CE = caudal ecológico recomendado.
- CMA =caudal medio anual (en unidades de flujo, como litros por segundo o metros cúbicos por segundo).
- P = porcentaje recomendado, dependiendo del nivel de protección que se desee para el ecosistema acuático (10%, 30%, 60%, etc.).

2.6 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos invertebrados que viven en ambientes acuáticos, como ríos, lagos, arroyos y humedales, y que son lo suficientemente grandes como para ser observados sin la necesidad de un microscopio, generalmente mayores a 0.5 mm de longitud. Estos incluyen insectos acuáticos en su fase larval, crustáceos, moluscos, y algunos tipos de gusanos.

Son importantes porque juegan roles esenciales en los ecosistemas acuáticos, como descomponedores de materia orgánica, productores primarios, y como parte de las cadenas tróficas, sirviendo de alimento para otras especies acuáticas. Además, debido a su sensibilidad a los cambios en las condiciones del agua (como la calidad y el caudal), los macroinvertebrados acuáticos son utilizados como indicadores biológicos en el monitoreo de la salud y calidad de los cuerpos de agua (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001, pp 45-48).

2.7 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Es un método biológico para evaluar la calidad del agua basado en la presencia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos. Cada familia de macroinvertebrados se clasifica según su tolerancia a la contaminación, asignándole un puntaje específico. La suma de estos valores proporciona un indicador del estado ecológico del cuerpo de agua.

Tabla 1

Listado de familias con el índice BMWP

ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE
TRICLADIDA	planariidae	5
HURUDINEA	...	3
OLIGOCHAETA	...	1
GASTROPODA	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnacidae	3
	planorbidae	3
BIVALVIA	sphaeriidae	3
AMPHIPODA	Hyalellidae	6
OSTRACODA		3
HYDRACARINA		4
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4
	leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10

ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE
ODONATA	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
PLECOPTERA	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
HETEROPTERA	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Norixidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10

Fuente, Elaborado por Reyes & Peralbo, 2001)

2.8 Índice ABI

El Índice Biológico Andino es una herramienta cuantitativa utilizada para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos en ríos de zonas altoandinas, que se encuentran a altitudes de entre 2000 y 4000 metros sobre el nivel del mar. Este índice se derivó y adaptó del BMWP Ibérico, con el fin de facilitar su aplicación en el entorno específico de los páramos. Los macroinvertebrados, según su tolerancia a las condiciones ambientales, reciben una puntuación al sumar, se obtiene un índice que indica el estado del agua, cuyo rango varía entre 1 y 100 (Carolina Godoy Ponce et al., 2022, pp 17-19).

El Índice ABI (Índice de Calidad Biótica de Invertebrados) es una herramienta utilizada para evaluar la calidad ecológica de los cuerpos de agua a través de la presencia y abundancia de macroinvertebrados acuáticos. Estos organismos son altamente sensibles a las variaciones en la

calidad del agua, por lo que su diversidad y abundancia reflejan el estado de salud de los ecosistemas acuáticos. El índice se basa en la identificación de las especies presentes en una muestra y asigna valores numéricos según su tolerancia a la contaminación o alteración ambiental (Alvarez & Huamán, 2022, pp 30-32).

El cálculo del índice involucra varios factores, como el número total de especies, la abundancia de cada especie y la tolerancia de estas especies a la contaminación. Las especies más sensibles a la contaminación reciben valores más altos, mientras que las especies más tolerantes reciben valores más bajos. El resultado del índice indica el estado de calidad del agua, siendo un valor alto indicativo de un ecosistema acuático saludable y un valor bajo señal de deterioro o contaminación. (Ana, 1197)

Tabla 2

Estándar del índice ABI de calidad del agua

ABI	Calidad
90-100	Excelente
70-89	Buena
50-69	Moderada
25-49	Mala
0-24	Pésima

Fuente: Elaborado por (Rivera, 2020)

2.9 Contaminación fuentes hídricas

La contaminación de fuentes hídricas se refiere a la presencia de elementos o agentes contaminantes en fuentes de agua, como ríos, lagos, mantos acuíferos y canales, deteriora su calidad y perjudica tanto a los ecosistemas que dependen de ella como a las poblaciones

humanas. Esta degradación puede originarse por causas naturales o por actividades humanas, generando un impacto negativo en el medio ambiente y la sociedad.(Díez-Hernández, 2005).

Los principales orígenes de la contaminación en los cuerpos de agua son:

Derrame de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de viviendas, industrias y actividades agropecuarias, introduce contaminantes como productos químicos, metales pesados, patógenos y nutrientes Compuestos nitrogenados y fosforados que afectan la calidad del agua(La Contaminación Del Agua: Todo Lo Que Necesitas Saber, 2020, pp 42-45).

Uso excesivo de pesticidas y fertilizantes: En áreas agrícolas, los pesticidas y fertilizantes químicos, a través de la escorrentía de las lluvias, pueden llegar a las fuentes hídricas, causando eutrofización, que es el aumento de elementos que causa el crecimiento exponencial de algas, minimizando el oxígeno en el agua y afectando a la fauna del agua.

Contaminación industrial: La descarga de residuos industriales, que a menudo contiene sustancias tóxicas, metales pesados y productos químicos, contamina las fuentes hídricas y puede afectar tanto la biodiversidad acuática como la salud humana(La Contaminación Del Agua: Todo Lo Que Necesitas Saber, 2023, 19-23).

Polución por residuos sólidos: El aumento de basura y plásticos en puntos de agua afecta el estado del agua, pone en peligro la fauna y puede causar la obstrucción de sistemas de drenaje, incrementando el riesgo de inundaciones.

Contaminación térmica: En algunas industrias, como las plantas de energía o las fábricas, se descarga agua a temperaturas elevadas en cuerpos de agua, alterando la temperatura del ecosistema acuático y afectando la biodiversidad local.

2.10 Biodiversidad

La biodiversidad es la variedad de vida en la Tierra, incluyendo la diversidad de especies, la diversidad genética dentro de cada especie y la diversidad de **ecosistemas** en los que interactúan. Es fundamental para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar humano, ya que proporciona recursos naturales, servicios ecológicos y contribuye a la estabilidad del planeta (Biodiversidad - Concepto, Evolución, Amenazas y Cómo Protegerla, 2022, pp 80-90).

2.11 Marco Legal

Se considero el "Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA, Libro VI, Anexo 1)", se encuentra la "Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes", que establece los parámetros máximos permisibles para el agua de consumo y uso doméstico según la normativa legal, extraído de (Hugo Del Pozo Barrezueta, 2014).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Fase de Campo

Tabla 3

Materiales utilizados en la fase de campo

MATERIALES	CANTIDAD
Botas de caucho	1 par
Guantes	20 pares
Ropa deportiva	7
Malla fina	4
Cernidor	1
Balde de plástico	2
Cooler	1
Frascos de plástico 250ml	4
Bandeja plástica	1
Hielo seco	4
Pinzas	2
Libreta	1
Etiquetas	1

Nota. Elaborado por la autora, 2026

3.1.2 Fase de laboratorio

Tabla 4

Listado de materiales utilizados en el laboratorio

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Pinzas	ESTÉREO MICROSCOPIO	ALCOHOL 75%
Placas Petri	CÁMARA	AGUA DESTILADA
Papel filtro	CONGELADOR	
Frasco contenedor		
Etiquetas		
Marcador		

Nota. Elaborado por la autora, 2026

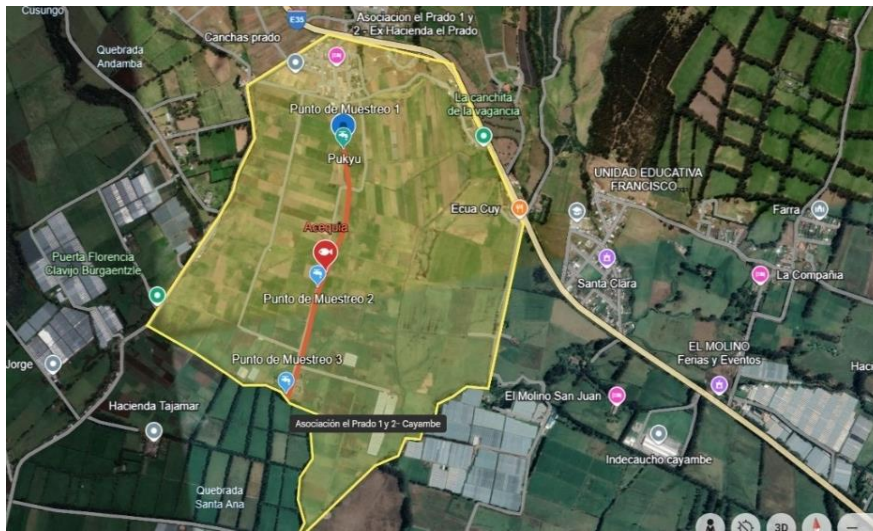
3.2 Metodología

3.2.1 Determinación área de estudio

Ubicación de los 3 puntos provincia Pichincha, cantón Cayambe

Figura 2

Puntos de muestreo Asociación Prado 1 y 2



Nota. Elaborado por la autora, 2026

3.3 Muestreo de macroinvertebrados

En el sector Asociación Prado 1 y 2 se identificaron tres puntos de muestreo, donde se llevó a cabo el método de pateo (Kick Sampling) endonde Se utilizó el método de pateo (Kick Sampling) para la recolección de macroinvertebrados acuáticos.

3.3.1 Fase de campo

3.3.1.1 Método de pateo

Se registraron diversas características para la determinación de los puntos de muestreo. En este caso, se seleccionó El Pugyo como el primer punto, ya que es el lugar donde el agua subterránea emerge a la superficie. El segundo punto fue elegido debido a la presencia de actividades antropogénicas, lo que permite evaluar su influencia en la calidad del agua. Finalmente, el tercer punto se escogió antes de que el agua desemboque en el río Boba, ya que en esta zona atraviesa un centro de acopio de leche, lo que podría representar un impacto en el ecosistema acuático.

Se escogieron tramos representativos del cuerpo de agua con distintos tipos de sustrato, incluyendo rocas, grava, arena y hojarasca (Machado et al., 2018a).

Figura 3

Recolección de macroinvertebrados



Nota. Elaborado por la autora, 2026

Una vez establecidos los puntos de muestreo, se procedió a la recolección de macroinvertebrados utilizando el método de pateo (Kick Sampling). Esta técnica permitió capturar los organismos presentes en el sustrato mediante la remoción controlada del fondo del cuerpo de agua. A continuación, se detalla el procedimiento realizado durante el muestreo.

Colocación de la red

Se posicionó la red de muestreo con la boca orientada contra la corriente, asegurando que la parte inferior estuviera en contacto con el fondo para evitar la fuga de organismos.

Remoción del sustrato (Pateo)

Se removió el sustrato con los pies durante 1 a 3 minutos en un área aproximada de 0.25 m².

Los macroinvertebrados desprendidos fueron arrastrados por la corriente y atrapados en la red.

Recolección y almacenamiento

El contenido de la red fue extraído y transferido a una bandeja con agua para facilitar la observación y separación de los organismos.

Los macroinvertebrados recolectados fueron clasificados y contados in situ o almacenados en frascos con alcohol al 70 % o formol al 4 % para su posterior análisis en laboratorio.

3.3.2 Fase de laboratorio

Luego de haber recolectado un total de nueve muestras durante tres días de muestreo, se procedió a la fase de laboratorio para el cálculo del Índice Biótico Andino (ABI), utilizando los macroinvertebrados recolectados en campo. El procedimiento en laboratorio se desarrolló siguiendo los pasos detallados a continuación:

3.3.2.1 Separación y clasificación de macroinvertebrados

Figura 4

Identificación de macroinvertebrados



Nota. Elaborado por la autora, 2026

Las muestras fueron vertidas en bandejas blancas con agua, y a continuación se procedió a la separación manual de los macroinvertebrados utilizando pinzas. Para la identificación precisa de cada organismo, se utilizó un estereomicroscopio, que permitió observar con mayor detalle las características de cada especie. Durante este proceso, nos guiamos por un manual especializado que proporcionó claves para el reconocimiento de las familias taxonómicas y la correcta identificación de cada individuo.

3.3.2.2 Registro y cuantificación

Las familias identificadas fueron registradas en una tabla, anotando el número de individuos de cada una. Este paso es crucial, ya que la información sobre la cantidad de individuos y las familias presentes es esencial para calcular el Índice Biótico Andino (ABI).

3.3.2.3 Cálculo de índice ABI

Luego de finalizar el reconocimiento de las familias, el índice ABI asigna un puntaje correspondiente a cada una de ellas se utiliza para valorar la salud de los ecosistemas acuáticos a través de los macroinvertebrados, que son indicadores sensibles de la salud del agua.

3.3.2.4 Cálculo de caudal ecológico

Cálculo de caudal método del método de flotador

Para obtener el caudal, dado que no había una estación hidrológica próxima, se efectuaron mediciones de flujo (aforo) en un punto específico de la microcuenca durante tres meses: octubre, noviembre y diciembre. Esto permitió evaluar las variaciones mensuales en el caudal, fundamentales Para determinar el caudal ecológico y examinar el estado óptimo del cuerpo de agua, se escogieron puntos de medición cuidadosamente para garantizar condiciones adecuadas y evitar obstrucciones debidas a pendientes pronunciadas o vegetación densa (Machado et al., 2018).

El método del flotador se utilizó como técnica principal para medir el caudal debido a su simplicidad y eficacia en campo. Para llevar a cabo el aforo de:

1. Primero, se estableció un desplazamiento fija de 10 metros del punto A (inicio) y el punto B (final), utilizando un flexómetro para delimitar el tramo de medición.
2. Se midieron las dimensiones del cauce, incluyendo su ancho y profundidad. La profundidad se determinó directamente con el flexómetro introducido en el agua en varios puntos del tramo, calculando un promedio para obtener la profundidad representativa.
3. La velocidad del flujo se estimó lanzando una pelota de pingpong flotante desde el punto A y registrando, con un cronómetro, el tiempo que tardaban en encontrar al punto B. Este proceso se repitió 10 veces para cada medición, obteniendo un valor promedio confiable.

4. Para corregir la velocidad superficial obtenida, el cálculo de la velocidad promedio del flujo, considerando que el agua en la superficie se mueve más rápido que el promedio del cuerpo de agua (Machado et al., 2018).

Figura 5

Lanzamiento de pelota para la estimación de caudal



Nota. Elaborado por la autora, 2026

3.3.2.5 Caudal ecológico método de Tennant

Con los datos recopilados, se llevó a cabo un análisis utilizando el método de Tennant, lo cual nos permitió concluir que el 10% del caudal medio anual es el mínimo necesario para la supervivencia de los organismos acuáticos; el 30% es adecuado para su supervivencia, el 60% representa condiciones de hábitat excelentes, y es ideal para el desarrollo de la mayoría de los organismos acuáticos. No obstante, esta es solo una aproximación.,(Gamarra, Restrepo, & Cerón-Vivas, 2017).

Con los datos de caudales mensuales, se emplea el Método Tennant utilizando el software RStudio. Este proceso permite calcular los caudales mínimos, máximos y medios. Con estos últimos, se determinan los caudales ecológicos por categoría, siguiendo los porcentajes establecidos para las épocas de avenida y estiaje(Díez-Hernández, n.d.).

Finalmente, los resultados obtenidos se validan conforme al Artículo 411 de la Constitución del Ecuador, asegurando que el análisis se alinee con las disposiciones legales vigentes y contribuya a el trabajo sostenible de los recursos hídricos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de macroinvertebrados recolectados

Tabla 5

Familias de macroinvertebrados encontrados en los 3 puntos de la Asociación Prado 1 y 2

Orden	Familia	Abundancia p1	Abundancia P2	Abundancia P3	valor ABI
Coleoptera	Psephenidae		6		10
Ephemeroptera	Baetidae	1		4	8
Odonata	Libellulidae		8		6
Tricladidae	Planaridae			3	5
Bassomatophora	Planorbidae	11	3	10	3
Total		12	17	17	
Riqueza		2	3	3	
Total		2	3	3	
Orden		2	3	3	
Total		2	3	3	
Familia		2	3	3	

Nota. Elaborado por la autora, 2026

Según (flacsoandes, 2001), la presencia de las familias Planorbidae, Libellulidae, Planaridae, Psephenidae y Baetidae en sugiere una calidad de agua intermedia. Mientras que Psephenidae y Baetidae indican condiciones relativamente buenas y cierto nivel de oxigenación, la presencia de Planorbidae y Planaridae sugiere una moderada carga de materia orgánica. Libellulidae, al ser depredadores, Se pueden encontrar en diversas condiciones. En los 3 puntos de muestreo encontré se verifico la presencia de la familia Planorbidae lo cual son considerados organismos tolerantes a la contaminación ya que pueden sobrevivir en aguas con niveles

moderados a altos de materia orgánica y bajas concentraciones de oxígeno disuelto, pero no necesariamente viven en aguas extremadamente degradadas.

Según(Riutort León, n.d.), la familia Planaridae relativamente son sensibles a la contaminación, por lo que su presencia suele asociarse a aguas de calidad media a buena. Sin embargo, algunas especies pueden tolerar cierto grado de contaminación orgánica si aún hay suficiente oxígeno disuelto. No son tan resistentes y suelen desaparecer en ambientes con alta contaminación y baja disponibilidad de oxígeno.

La familia Planaridae se encontró en el punto 3, lo que indica que puede tolerar cierto nivel de contaminación; sin embargo, no es tan resistente como los Planorbidae. Se encontraron en el punto 2, los Baetidae en los puntos 1 y 3, y los Libellulidae en el punto 2. Estas especies son relativamente resistentes a la contaminación en aguas, ya que los Psephenidae y Baetidae pueden tolerar condiciones de calidad de agua media, mientras que las libélulas (Libellulidae) también pueden adaptarse a una variedad de ambientes, aunque generalmente prefieren aguas menos contaminadas.

4.2 Índice ABI puntuación

Tabla 6

Puntuación del índice ABI

	Punto 1	Punto 2	Punto3
	BMWPA	BMWPA	BMWPA
Total	11	15	16

Nota. Elaborado por la autora, 2026

Cuando la riqueza de especies de macroinvertebrados es limitada en un área, esto generalmente indica un posible deterioro del ecosistema acuático. La presencia predominante de especies tolerantes a la contaminación, como se ha reportado en varios informes ecológicos, puede ser un signo claro de mala calidad del agua (Cecilia & Rivera, n.d.).

Este fenómeno suele asociarse con condiciones de estrés ecológico debido a factores como la contaminación por desechos orgánicos o industriales, baja oxigenación o alteraciones en el hábitat, lo que reduce las condiciones adecuadas para una variedad más amplia de especies. Además, investigaciones previas han mostrado que los cuerpos de agua que reciben influencias de fuentes hídricas contaminadas o alteradas experimentan una dominancia de especies tolerantes a la contaminación, mientras que aquellas que prefieren aguas más limpias y oxigenadas tienden a desaparecer.

Este patrón es consistente con lo que la riqueza y la distribución espacial de macroinvertebrados a documentado en investigaciones sobre la calidad del agua en diferentes regiones, donde la diversidad y la distribución de macroinvertebrados sirven como indicadores clave de la salud de los ecosistemas acuáticos. Luego de realizar el cálculo de la puntuación ABI, los datos obtenidos reflejan puntuaciones muy bajas, especialmente considerando que hay familias como Psephenidae (con una puntuación de 10) y Baetidae (con una puntuación de 8), las cuales son menos sensibles a la contaminación. Esto sugiere que, debido a la baja riqueza de especies encontradas, se obtuvieron valores demasiado bajos en los puntos 2 y 3. El hallazgo predominante de familia tolerantes a la degradación los cuales están influyendo en estos resultados, indicando la contaminación en la calidad del agua en estos puntos.

4.3 Resultado Del Índice ABI Calidad Bmwp/Col

Tabla 7

Índice ABI Calidad Bmwp/Col

Zona	Índice	Calidad
Puygo P1	11	Pésima
Intermedio P2	15	Pésima
Sequia abajo P3	16	Pésima

Nota. Elaborado por la autora, 2026

Según (Carolina Godoy Ponce et al., 2022), los valores bajos en el índice ABI pueden ser indicativos de una mala calidad del agua, reflejada en una baja diversidad de especies y la predominancia de aquellas más tolerantes a la contaminación. Esto ocurre porque las especies más reactivas a las variaciones en la calidad del agua, como ciertos tipos de efímeras o tricópteros, tienden a desaparecer en ambientes contaminados o con bajos niveles de oxígeno. En su lugar, sobreviven especies que toleran condiciones más adversas, lo que reduce la riqueza de especies y da como resultado una puntuación baja en el índice ABI. Además, la contaminación orgánica, la alteración del hábitat o la presencia de contaminantes químicos pueden afectar negativamente a las especies más sensibles, limitando la biodiversidad del lugar y favoreciendo a las especies más resistentes.

En este caso, aunque se encontraron familias con puntuaciones altas, como Psephenidae y Baetidae, el problema radica en que la riqueza de especies es extremadamente baja. Esta falta de diversidad influye negativamente en el cálculo del índice ABI, lo que da como resultado una puntuación que indica que el agua tiene mala calidad. A pesar de la presencia de especies tolerantes a la contaminación, la escasez de otras especies más sensibles contribuye a una evaluación global desfavorable de la calidad del agua.

4.4 Resultado de caudal Ecológico

Tabla 8

Datos mensuales recolectados para caudal ecológico

Repeticiones	Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Tiempo(seg)	Velocidad(m³/s)	Tiempo	Velocidad (m³/s)	Tiempo	Velocidad (m³/s)
1	25,97	0,39	24,86	0,4	19,47	0,51
2	26,42	0,38	22,88	0,44	16,96	0,59
3	24,48	0,41	24,4	0,41	15,82	0,63
4	23,35	0,43	25,4	0,39	18,79	0,53
5	24,13	0,41	22,44	0,45	16,57	0,6
6	23,48	0,43	24,87	0,4	16,58	0,6
7	27,85	0,36	23,95	0,42	16,36	0,61
8	23,45	0,43	22,81	0,44	16,52	0,61
9	25,96	0,39	24,96	0,4	19,79	0,51
10	23,23	0,43	21,43	0,47	18,81	0,53
	Prom.	0,4	Prom.	0,42	Prom.	0,57

Nota. Elaborado por la autora, 2026

4.5 Determinación del caudal ecológico mediante el método de Tennant (10 %, 30 % y 60 %)

Tabla 9

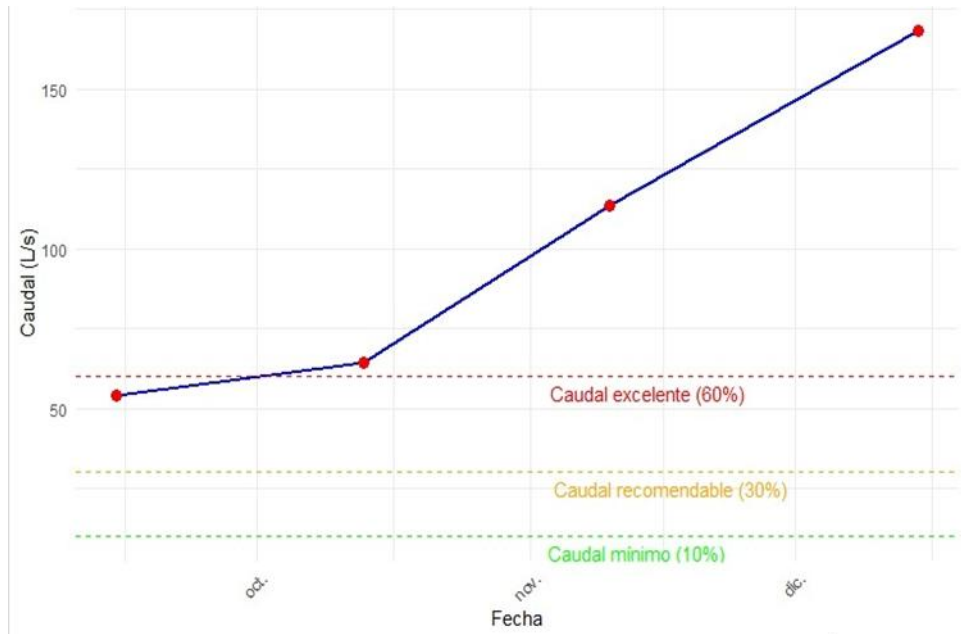
Determinación de caudales ecológicos

Caudal Promedio	58,69
10%	5,8688133
30%	17,60644
60%	35,21288

Nota. Elaborado por la autora, 2026

Figura 6

Caudal ecológico en Rstudio



Nota. Elaborado por la autora, 2026

Según (Alvarez & Huamán, 2022), con el método de Tennant, se calcularon los caudales ecológicos recomendados para cada mes, basados en los porcentajes del caudal medio anual (10%, 30%, 60%) establecidos.

El análisis de caudales durante octubre, noviembre y diciembre arrojó valores de 51,41 L/s, 51,80 L/s y 72,86 L/s, respectivamente, con un caudal promedio total de 58,69 L/s. A partir de este valor, se calcularon los porcentajes según el método de Tennant, obteniendo 5,87 L/s (10%), 17,61 L/s (30%) y 35,21 L/s (60%).

Según la metodología de Tennant, estos porcentajes permiten evaluar la calidad del caudal ecológico en diferentes niveles de mantenimiento:

El 10% del caudal promedio (5,87 L/s) indica condiciones críticas o de flujo mínimo, lo que podría afectar significativamente los ecosistemas acuáticos y el acceso al agua destinada a otros usos ecológicos.

El 30% del caudal promedio (17,61 L/s) se considera un caudal aceptable para la vida acuática, proporcionando mejores condiciones ecológicas, aunque aún por debajo de un estado óptimo.

El 60% del caudal promedio (35,21 L/s) representa un buen caudal ecológico, asegurando un flujo adecuado para la conservación del ecosistema acuático y el cuidado de las funciones ecológicas del cuerpo de agua.

En octubre, debido a la sequía, el caudal observado estuvo cerca del valor mínimo, lo que podría haber provocado condiciones malas para la biodiversidad acuática. No obstante, en noviembre y especialmente en diciembre, el aumento del caudal, impulsado por las lluvias, permitió superar los umbrales ecológicos recomendados. En diciembre, con un caudal de 72,86 litros por segundo, el flujo superó el 60% del caudal medio anual, indicando que el entorno ecológico favoreció notablemente a la vida acuática. Aunque, el método de Tennant ofrece una estimación aproximada, permitió obtener una evaluación rápida y económica de los caudales ecológicos mínimos y recomendables.

4.6 Estrategias para la conservación de la acequia

La restauración de los ecosistemas acuáticos es fundamental para mejorar la calidad del agua y favorecer la subsistencia de los macroinvertebrados. Las siguientes actividades serán implementadas para restaurar y proteger el ecosistema acuático de la acequia:

4.6.1 Reforestar las orillas con especies locales

Plantar vegetación autóctona en las orillas de la acequia para estabilizar el suelo, reducir la erosión y mejorar la calidad del agua. Las especies seleccionadas deben ser adecuadas a las condiciones climáticas y geográficas de la región como por ejemplo Achicoria (*Cichorium intybus*), Taruga (*Baccharis latifolia*).

4.6.2 Creación de humedales artificiales adaptados a la región

Establecer humedales que actúen como filtros naturales, absorbiendo contaminantes y mejorando la calidad del agua. Estos humedales deben diseñarse específicamente para las condiciones locales y tener en cuenta la flora y fauna acuática presente.

4.6.3 Colocación de troncos o ramas

Se pueden agregar troncos de árboles caídos o ramas gruesas a las orillas o el lecho del río, creando escondites para los macroinvertebrados, especialmente aquellos que prefieren aguas más tranquilas.

4.6.4 Piedras grandes o rocas

Colocar piedras grandes en áreas de poco flujo de agua puede servir como refugio para macroinvertebrados como cangrejos, escarabajos acuáticos y efímeras.

4.6.5 Control de la Contaminación

Es esencial reducir la contaminación en la acequia para garantizar un entorno saludable para los macroinvertebrados y la comunidad. Las siguientes actividades se llevarán a cabo:

4.6.6 Promover prácticas agrícolas sostenibles

Fomentar el uso de técnicas agrícolas que reduzcan el uso de productos químicos y favorezcan la conservación del agua, como el uso de fertilizantes orgánicos y la rotación de cultivos.

Implementación de barreras vegetales: Crear barreras de plantas en las orillas de la acequia para actuar como filtros naturales que absorban los contaminantes antes de que lleguen al agua.

4.6.7 Educación y Sensibilización Comunitaria

La participación activa de la comunidad es clave para lograr una conservación exitosa. Se promoverán las siguientes actividades educativas:

Implementar talleres participativos: Realizar talleres en los que los miembros de la comunidad aprendan sobre la importancia de la acequia, la calidad del agua y cómo pueden contribuir a mejorar el ecosistema. Los temas incluirán la gestión sostenible de los recursos hídricos, la protección de la fauna acuática y las mejores prácticas agrícolas.

4.6.8 Colaboración Comunitaria en la Gestión

Para asegurar la efectividad de las estrategias de conservación, se promoverá la colaboración entre diversos actores locales:

Formación de un comité de gestión y conservación: Incluir a líderes comunitarios, agricultores, autoridades municipales y expertos en la creación de un comité encargado de coordinar las actividades de conservación, seguimiento de la calidad del agua y promoción de prácticas sostenibles.

4.6.9 Conservación de la Biodiversidad Acuática

Para mantener un ecosistema acuático saludable, es crucial proteger la biodiversidad y las especies de macroinvertebrados que actúan como bioindicadores de la calidad del agua. Las actividades incluyen:

4.6.9.1 Protección de los macroinvertebrados

Desarrollar programas de conservación para proteger las especies de macroinvertebrados, ya que son indicadores claves de la calidad del agua. Esto incluiría el monitoreo regular de las poblaciones y el establecimiento de zonas de protección.

Establecer programas de repoblación con especies nativas: Introducir especies acuáticas autóctonas que favorezcan la biodiversidad y el equilibrio natural del ecosistema acuático. Esta repoblación ayudará a restaurar las poblaciones de macroinvertebrados y otras especies acuáticas.

4.6.10 Vinculación con la Comunidad

Todas estas estrategias y actividades estarán orientadas a involucrar activamente a la comunidad en la gestión y conservación de la acequia. A través de talleres de sensibilización, la creación de comités de gestión y la implementación de prácticas sostenibles, se busca fortalecer el compromiso local y garantizar la sostenibilidad de los esfuerzos de conservación a largo plazo. La participación activa de los miembros de la comunidad no solo contribuirá a mejorar la calidad del agua y la biodiversidad, sino que también generará conciencia sobre la importancia de cuidar este valioso recurso para las generaciones futuras.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Del análisis de la metodología ABI se concluye que en los puntos 1, 2 y 3, la calidad del agua es pésima, ya que la diversidad de macroinvertebrados es limitada. La calidad del agua se encuentra en un estado crítico, reflejada en un índice ABI inferior a 15, lo que indica una calidad bastante baja. En particular, el punto 3 presenta una calidad del agua en condiciones críticas.

El análisis de caudal ecológico en octubre, noviembre y diciembre, utilizando el método de Tennant, muestra que los valores de caudal en la Acequia Asociación "Pugyo Prado" se encuentran en niveles cercanos al mínimo ecológico (10% del caudal promedio). Este caudal mínimo de 5,87 L/s es crucial para la supervivencia de las formas de vida acuática. Sin embargo, estos niveles pueden ser insuficientes para mantener una biodiversidad acuática óptima y podrían poner en riesgo la sostenibilidad del ecosistema acuático a largo plazo.

La baja riqueza de especies acuáticas, evidenciada por el índice ABI, sugiere que el caudal ecológico actual y la calidad del agua no están siendo adecuados para mantener un ecosistema

acuático saludable. A pesar de la presencia de especies tolerantes a la contaminación como *Psephenidae* y *Baetidae*, la falta de especies más sensibles indica que el hábitat está en una condición subóptima, lo que reduce la biodiversidad y, por ende, la calidad del ecosistema acuático.

La diferencia significativa entre el 10% (5,87 L/s) y el 30% (17,61 L/s) del caudal medio anual revela que el caudal actual es suficiente. Se recomienda alcanzar un caudal cercano al 30% del

caudal promedio anual durante los períodos más críticos para asegurar condiciones más favorables para la variedad de especies acuáticas y elevar la calidad del agua.

Los resultados del análisis del caudal y la calidad del agua indican que se requiere una intervención urgente en la gestión y conservación de la Acequia Asociación "Pugyo Prado". Proponer estrategias como el manejo adecuado del caudal, la restauración de hábitats acuáticos y la reducción de contaminantes agrícolas, serán fundamentales para garantizar la sostenibilidad del ecosistema y mejorar las condiciones del agua. Asimismo, es crucial involucrar a la comunidad en el monitoreo y en la adopción de prácticas de conservación para preservar este recurso hídrico.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, J., & Huamán, J. (2022). Hydrological models for the estimation of ecological flow. *Manglar*, 19(2), 201–207. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.025>
- Biodiversidad - Concepto, evolución, amenazas y cómo protegerla.* (2022). <https://concepto.de/biodiversidad/>
- Calidad del Agua Final.* (n.d.).
- Carolina Godoy Ponce, S. I., Rolando Rosero Erazo, C. I., Gerardo León Chimbolema III, J., & Carlos González García, J. I. (2022). *Biomonitoreo de la calidad del agua del Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación.* 7(7), 1379–1397. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>
- Carrera Reyes, Carlos., & Fierro Peralbo, Karol. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* EcoCiencia.
- Cecilia, D. A., & Rivera, R. (n.d.). *Certificación del Tutor ANITA CECILIA RIOS RIVERA.*
- COMITÉ NACIONAL PARA EL ESTUDIO REGIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO.* (n.d.).
- ¿Cómo entender el concepto del caudal en sistemas de tuberías?* (n.d.). <https://grupohidraulica.com/noticias/2023/05/26/como-entender-el-concepto-del-caudal-en-sistemas-de-tuberias/>
- Díez-Hernández, J. M. (n.d.). *Bases metodológicas para el establecimiento de caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas §.*
- Hacienda “El Prado” centro de la disputa en Cayambe – Diario La Hora.* (n.d.). <https://www.lahora.com.ec/secciones/hacienda-el-prado-centro-de-la-disputa-en-cayambe/>

Hidrología - Qué es, historia, aplicaciones, importancia y ramas. (n.d.).

<https://concepto.de/hidrologia/>

Instrumento De Gestión Que Establece La Calidad, E. U., Régimen Del Flujo De Agua Requerido

Para Mantener, C. Y., & Ambiente, S. AL. (2007). *¿QUÉ ES? Caudal ecológico Agua Salud al ambiente, agua para la gente.*

La contaminación del agua: Todo lo que necesitas saber. (n.d.).

<https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber#contaminacion>

Machado, V., Granda, R., & Endara González, A. (2018a). Análisis de macroinvertebrados

bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154–167.

<https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V9N4.369>

Machado, V., Granda, R., & Endara González, A. (2018b). Análisis de macroinvertebrados

bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154–167.

<https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V9N4.369>

Metodologías para el Cálculo de Caudales Ecológicos y Ambientales en Ríos Regulados por

Presas. (n.d.). https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/metodologias-calculo-presas/files/assets/basic-html/page34.html

Microcuenca | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.).

<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/microcuenca>

¿QUÉ ES EL CAUDAL ECOLÓGICO? (n.d.). [https://www.canaldeisabelsegunda.es/blog/-](https://www.canaldeisabelsegunda.es/blog/-/blogs/que-es-el-caudal-ecologico-)

[/blogs/que-es-el-caudal-ecologico-](https://www.canaldeisabelsegunda.es/blog/-/blogs/que-es-el-caudal-ecologico-)

¿Qué es un caudal? / iAgua. (n.d.). <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>

Riutort León, M. (n.d.). *Filogenia molecular i taxonomia de planàries d'aigües dolces (Platihelminths, Turbellaris, Tricladides).*

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. (n.d.).
www.lexis.com.ec

7 ANEXOS

Anexo 1

Identificación de los puntos de muestreo



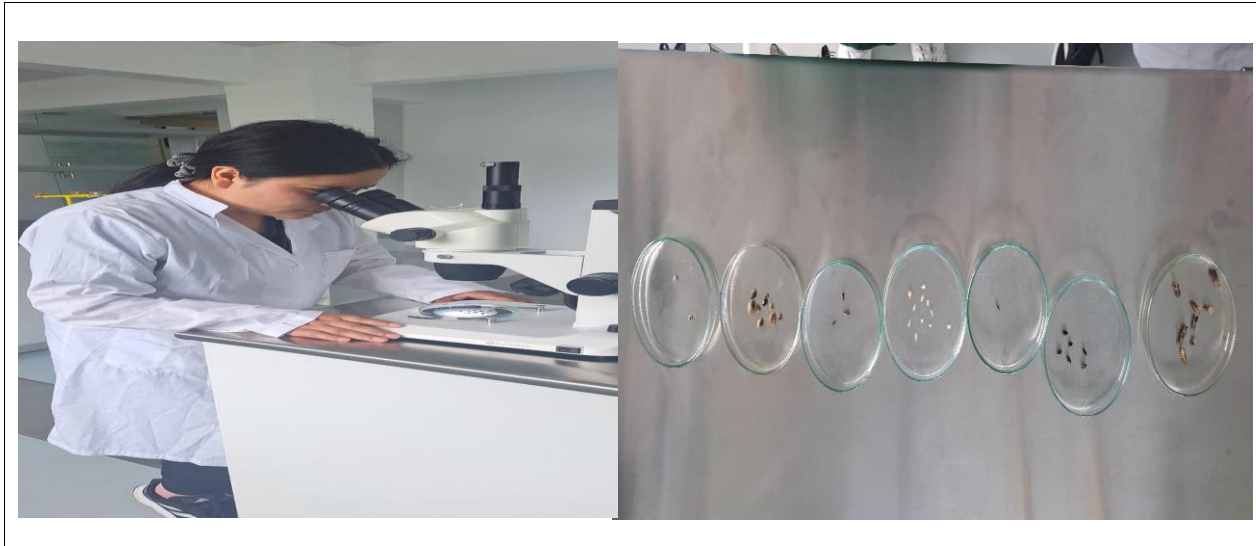
Anexo 2

Recolección de macro invertebrados



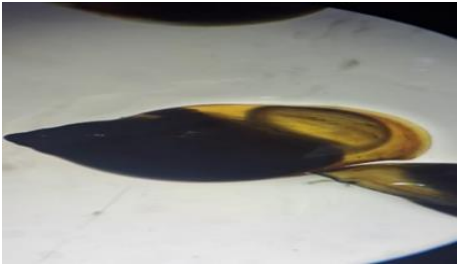


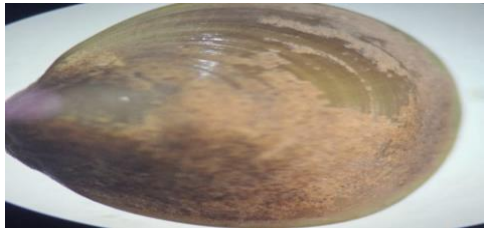
Anexo 3

Identificación de macro invertebrado en el laboratorio



Anexo 4

Clasificación de macro invertebrados en el laboratorio

 <p>Planorbidae</p>	 <p>Planorbidae</p>
 <p>Hydrophilidae</p>	 <p>Molusca</p>



Odonata



Odonata



Planariidae



Gammaridae