



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA
TRES MARÍAS DE LA PARROQUIA TURI CON ÉNFASIS
EN EL RECURSO AGUA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

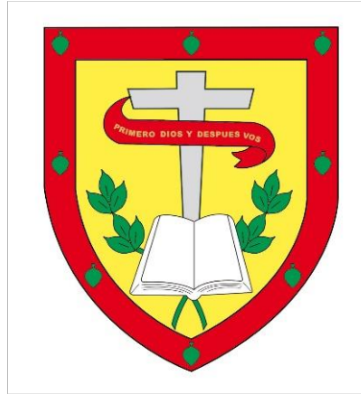
AUTOR: LENIN ISMAEL ZHINGRE GUAMÁN

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, PHD

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA TRES MARÍAS
DE LA PARROQUIA TURI CON ÉNFASIS EN EL RECURSO AGUA
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: LENIN ISMAEL ZHINGRE GUAMÁN

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, PHD

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Lenin Ismael Zhingre Guamán portador de la cédula de ciudadanía N.º **0106729494**. Declaro ser el autor de la obra: "**Diagnóstico de la microcuenca "Quebrada Tres Marías" de la parroquia Turi con énfasis en el recurso agua**", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 26 de julio de 2023


F:

Lenin Ismael Zhingre Guamán

0106729494

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lenin Ismael Zhingre Guamán bajo mi supervisión.



Dr. Sergio Fernando Iglesias Abad, PHD

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres Nube e Iván, ya que son las personas más importantes en mi vida, los que me han estado apoyando, motivando y aconsejando para seguir con mis estudios. A ellos se los dedico cada logro. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. También quiero dedicar a mi familia en general, a mis 2 hermanas Pamela y Dayana por estar siempre conmigo a pesar de las dificultades e indiferencias.

A mi pequeño que lo espero con mucho anhelo.

Lenin Z.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco principalmente a Dios y a la Virgen por brindarme la sabiduría, inteligencia, paciencia y salud para culminar mi carrera profesional.
- A mis padres que es lo más preciado que tengo en mi vida, ya que han sido un pilar fundamental en esta trayectoria, no me queda más que agradecerles infinitamente, les debo todo a ustedes ya que sin su apoyo no sería posible este logro. Dios me los bendiga siempre.
- A mi tío el Ing. Rodrigo Zhingre, que me ha estado apoyando incondicionalmente desde el primero momento de mis estudios y que a pesar de la distancia me brinda poco de su tiempo para aportar con sus conocimientos, observaciones y recomendaciones para el desarrollo de mi tesis.
- A mi casa de estudio la Universidad Católica de Cuenca y a mis profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental que con sus conocimientos brindados han sido de gran ayuda en todo el proceso de preparación.
- A mi tutor el Ing. Sergio Iglesias Abad por su ayuda y paciencia en el proceso de desarrollo del trabajo de investigación.
- A mis compañeros de clase quienes compartimos risas y decepciones en toda la trayectoria de la carrera, pero siempre han estado motivados para enfrentar cualquier reto.

Lenin Z.

RESUMEN

El estudio se realizó en la microcuenca de la “Quebrada Tres Marías” de la parroquia rural Turi del cantón Cuenca. El objetivo general fue realizar un diagnóstico enfocado en el recurso agua utilizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Para ello, como punto de partida se realizó un diagnóstico in situ con recorridos de campo para identificar los impactos ambientales más críticos, donde, se aplicó la matriz de importancia de Vicente Conesa Fernández para valorar los Impactos identificados. Además, el estudio incluye análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua tomando en cuenta nueve parámetros que permitan comparar con la normativa legal vigente expuesta en el Registro Oficial, acuerdo ministerial 097a del anexo 1 libro VI, y posterior a ello calcular el Índice de Calidad del Agua Aditivo (ICAA – NSF). Estos análisis se realizaron en tres monitores durante los meses de enero (una toma de muestra) y febrero (dos tomas de muestras). Los resultados obtenidos revelaron que la microcuenca se encuentra en un estado de equilibrio en su fase de madurez. Se identificaron impactos ambientales críticos en el medio biótico, suelo y agua. En particular, se determinó que la calidad del agua es de mediana calidad, lo que indica la necesidad de implementar tratamientos para su consumo humano y doméstico. Además, se consideró inaceptable para la existencia de peces. Se encontró que los parámetros del oxígeno disuelto y coliformes fecales no cumplen con los estándares establecidos por la normativa vigente.

Palabras clave: microcuenca, diagnóstico, recurso agua, normativa legal, ICAa – NSF

ABSTRACT

The study was conducted in the micro-watershed of the "Quebrada Tres Marías" in the rural parish of Turi, Cuenca canton. The general objective was to diagnose the water resource using physical, chemical, and microbiological parameters. To start, an onsite diagnosis involving field trips to identify the most significant environmental impacts was performed, applying the Vicente Conesa Fernandez matrix to assess the identified impacts. Furthermore, the study encompassed physical, chemical, and microbiological water analyses, focusing on nine parameters. These parameters were compared with the current legal regulations specified in the Official Register, ministerial agreement 097a of the annex 1 book VI. Subsequently, the results were used to calculate the Additive Water Quality Index (ICAA – NSF by its Spanish acronym). These analyses were performed on three occasions during January (one sampling) and February (two samplings). The results showed that the micro-watershed is in an equilibrium state, in its maturity phase. Critical environmental impacts were identified in the biotic environment, soil, and water. It was shown that water is of medium quality, requiring the implementation of treatments for human and domestic consumption. As well, it is unacceptable for fish stocking. Dissolved oxygen and fecal coliform parameters do not meet the standards set by current regulations.

Keywords: micro-watershed, diagnosis, water resources, legal regulation, ICAa-NSF

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE ANEXOS	XII
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1 OBJETIVOS	- 4 -
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	- 4 -
1.1.1 <i>Objetivos específicos</i>	- 4 -
CAPÍTULO II	- 5 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 5 -
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARROQUIA TURI	- 5 -
2.1.1 <i>Pendientes</i>	- 6 -
2.1.2 <i>Geología</i>	- 6 -
2.1.3 <i>Suelos</i>	- 6 -
2.1.4 <i>Suelos a nivel de orden</i>	- 7 -
2.1.5 <i>Clima</i>	- 7 -
2.1.6 <i>Temperatura</i>	- 8 -
2.1.7 <i>Precipitación</i>	- 8 -
2.1.8 <i>Uso y cobertura de suelos</i>	- 8 -
2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	- 9 -
2.3 CUENCAS HIDROGRÁFICAS	- 9 -
2.3.1 <i>Diagnóstico de cuencas hidrográficas</i>	- 9 -
2.3.2 <i>Funciones de una cuenca hidrográfica</i>	- 10 -
2.3.3 <i>Clasificación de una cuenca hidrográfica</i>	- 10 -
2.3.4 <i>Secciones de una cuenca hidrográfica</i>	- 12 -
2.3.5 <i>Caracterización de una cuenca hidrográfica</i>	- 12 -
2.3.6 <i>Importancia de una cuenca hidrográfica</i>	- 13 -
2.3.7 <i>Manejo de cuencas hidrográficas</i>	- 14 -
2.3.8 <i>Gestión de cuencas hidrográficas en Ecuador</i>	- 14 -
2.4 RECURSOS HÍDRICOS	- 15 -
2.5 IMPACTO AMBIENTAL	- 16 -
2.5.1 <i>Evaluación de impacto ambiental</i>	- 16 -
2.5.2 <i>Matriz de importancia</i>	- 16 -
2.6 AGUA	- 17 -
2.6.1 <i>Contaminación del Agua</i>	- 17 -
2.6.2 <i>Calidad del agua</i>	- 17 -
2.6.3 <i>Índice de calidad de agua (ICA – NSF)</i>	- 18 -

2.6.4	Parámetros químicos del agua	- 19 -
2.6.5	Parámetros físicos del agua	- 21 -
2.6.6	Parámetros microbiológicos del agua	- 22 -
2.7	NORMATIVA LEGAL	- 23 -
2.7.1	Constitución de la República del Ecuador	- 23 -
2.7.2	Código Orgánico del Ambiente (COA)	- 23 -
2.7.3	Acuerdo ministerial 097a	- 24 -
CAPÍTULO III		- 25 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 25 -
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	- 25 -
3.1.1	Comunidad el Cisne	- 25 -
3.1.2	Comunidad de Punta corral	- 25 -
3.1.3	Comunidad de Patapamba	- 25 -
3.2	MICROCUCENCA "QUEBRADA TRES MARIAS"	- 25 -
3.3	PUNTOS DE MONITOREO	- 26 -
3.3.1	Descripción de los puntos de monitoreo	- 27 -
3.4	ETAPAS DE MUESTREO	- 29 -
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA	- 29 -
3.5.1	Población	- 29 -
3.5.2	Muestra	- 29 -
3.6	EQUIPOS Y MATERIALES	- 29 -
3.7	TIPO DE MUESTRAS	- 32 -
3.8	TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	- 32 -
3.8.1	Análisis de muestras	- 33 -
3.9	DELIMITACIÓN DE LA MICROCUCENCA "QUEBRADA TRES MARIAS"	- 34 -
3.10	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUCENCA "QUEBRADA TRES MARIAS"	- 34 -
3.10.1	Parámetros de forma	- 35 -
3.10.2	Parámetros de relieve	- 37 -
3.10.3	Parámetros a la red hídrica	- 39 -
3.11	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	- 41 -
3.11.1	Matriz de importancia de Conesa Fernández	- 41 -
3.12	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE (ICA-NSF)	- 43 -
3.12.1	Parámetros establecidos por el modelo NSF de calidad del agua	- 43 -
3.12.2	Cálculo del índice de calidad del agua	- 44 -
3.13	CRITERIO DE CALIDAD DEL AGUA ESTABLECIDOS POR EL ACUERDO MINISTERIAL 097A	- 48 -
CAPÍTULO IV		- 49 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 49 -
4.1	DELIMITACIÓN DE LA MICROCUCENCA "QUEBRADA TRES MARIAS"	- 49 -
4.2	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUCENCA "QUEBRADA TRES MARIAS"	- 49 -
4.2.1	Parámetros de forma	- 49 -
4.2.1	Parámetros de relieve	- 50 -
4.2.1	Parámetros a la red hídrica	- 51 -
4.3	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	- 53 -
4.3.1	Matriz de Significancia del Impacto Ambiental basada en Conesa Fernández	- 55 -
4.3.1	Impactos críticos dentro del área de estudio	- 58 -
4.4	DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ICA-NSF	- 59 -
4.4.1	Resultados obtenidos de análisis físicos, químicos y microbiológicos	- 59 -
4.4.2	Cálculo del Índice ICA-NSF	- 61 -
4.4.3	Interpretación de resultados del ICA	- 64 -
4.4.4	Variabilidad temporal del índice ICA-NSF	- 65 -

4.4.5 Variabilidad espacial del índice ICA-NSF	- 66 -
4.5 COMPARACIÓN CON LOS VALORES PERMISIBLES QUE ESTABLE LA NORMATIVA VIGENTE EXPUESTAS EN EL ACUERDO MINISTERIAL 097A	- 66 -
4.5.1 Interpretación de datos con la normativa	- 70 -
CAPÍTULO V	- 80 -
5. CONCLUSIONES	- 80 -
CAPÍTULO VI	- 82 -
6. RECOMENDACIONES	- 82 -
REFERENCIAS	- 84 -
ANEXOS	- 91 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la limitación parroquial _____	- 5 -
Figura 2: Ubicación de los puntos de monitoreo _____	- 26 -
Figura 3: Punto 1 de análisis _____	- 27 -
Figura 4: Punto 2 de análisis _____	- 28 -
Figura 5: Punto 3 de análisis _____	- 28 -
Figura 6: Forma de la curva hipsométrica según la edad del cauce _____	- 38 -
Figura 7: Orden de corrientes según Strahler _____	- 40 -
Figura 8: Mapa de la microcuenca delimitada _____	- 49 -
Figura 9: Curva hipsométrica de la microcuenca "Quebrada Tres Marías" _____	- 51 -
Figura 10: Mapa de Jerarquización hidrográfica por el método de Strahler _____	- 52 -
Figura 11: Diagrama de caja y bigote (Boxplot) _____	- 59 -
Figura 12: Variabilidad temporal ICA-NSF _____	- 65 -
Figura 13: Variabilidad espacial ICA-NSF _____	- 66 -
Figura 14: Análisis comparativo del Oxígeno Saturado. _____	- 70 -
Figura 15: Análisis comparativo de la temperatura. _____	- 72 -
Figura 16: Análisis comparativo del pH. _____	- 73 -
Figura 17: Análisis comparativo de los sólidos totales. _____	- 74 -
Figura 18: Análisis comparativo de nitratos. _____	- 75 -
Figura 19: Análisis comparativo de fosfatos. _____	- 76 -
Figura 20: Análisis comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. _____	- 77 -
Figura 21: Análisis comparativo de Coliformes Fecales. _____	- 78 -
Figura 22: Análisis comparativo de la turbiedad. _____	- 79 -
Figura 23: Impactos identificado en los recorridos de campo _____	- 91 -
Figura 24: Parámetros medidos en campo y laboratorio _____	- 92 -
Figura 25: Curvas estandarizadas de cada parámetro empleado para el valor del Subíndice _____	- 93 -
Figura 26: Tabla de concentración de oxígeno disuelto con respecto a altura y temperatura _____	- 93 -
Figura 27: Evaluación de la calidad del agua basada en Oxígeno Disuelto _____	- 94 -
Figura 28: Evaluación de la calidad del agua basada en el pH _____	- 94 -
Figura 29: Evaluación de la calidad del agua basada en la variación de la Turbiedad _____	- 95 -
Figura 30: Evaluación de la calidad del agua basada en la función de los fosfatos _____	- 95 -
Figura 31: Evaluación de la calidad del agua basada en función de los Nitratos _____	- 96 -
Figura 32: Evaluación de la calidad del agua basada en la variación de la temperatura _____	- 96 -
Figura 33: Evaluación de la calidad del agua basada en los Coliformes Fecales _____	- 97 -
Figura 34: Evaluación de la calidad del agua basada en los SDT _____	- 97 -
Figura 35: Flujograma que sintetiza la metodología seguida _____	- 98 -
Figura 36: Toma y conservación de muestras en cooler _____	- 98 -
Figura 37: Monitoreo in situ _____	- 99 -
Figura 38: Análisis del agua en laboratorio CIITT _____	- 99 -
Figura 39: viviendas construidas cerca del recurso hídrico y creación de pozos sépticos. _____	- 99 -
Figura 40: Residuos sólidos presentes en el área de estudio _____	- 100 -
Figura 41: Actividades agrícolas inapropiadas _____	- 101 -
Figura 42: Cambio de usos de suelos _____	- 102 -
Figura 43: Actividad ganadera en los tres puntos de monitoreo _____	- 102 -
Figura 44: Drenajes pluviales y aguas residuales _____	- 103 -
Figura 45: En la izquierda Susanita. En la derecha Cortaderia Seollana _____	- 103 -
Figura 46: Erosión en riberas, presencia de algas y plantas acuáticas _____	- 104 -
Figura 47: Criadero de cerdos y estiércol de ganado vacuno. _____	- 104 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Rango de pendientes de la parroquia Turi _____	- 6 -
Tabla 2: Unidades de suelo presentes en la parroquia Turi _____	- 6 -
Tabla 3: Cobertura y uso de suelos de la parroquia Turi _____	- 8 -
Tabla 4: Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas _____	- 11 -
Tabla 5: Descripción de los sectores seleccionados _____	- 26 -
Tabla 6: Fecha y hora de recolección de puntos de monitoreo _____	- 29 -
Tabla 7: Equipos utilizados para campo y laboratorio _____	- 30 -
Tabla 8: Materiales utilizados para campo y laboratorio _____	- 31 -
Tabla 9: Metodología utilizada en los laboratorios del CIIT _____	- 33 -
Tabla 10: Metodología para calcular los parámetros de forma _____	- 35 -
Tabla 11: Rango de los valores de compacidad según el índice de Gravelius _____	- 36 -
Tabla 12: Factor de forma según Horton _____	- 36 -
Tabla 13: Metodología para calcular los parámetros de relieve _____	- 37 -
Tabla 14: Clasificación del relieve con respecto a su inclinación _____	- 38 -
Tabla 15: Metodología para calcular los parámetros relativos a la red de drenaje _____	- 39 -
Tabla 16: Valoración de la densidad de drenaje _____	- 40 -
Tabla 17: Clasificación del tiempo de concentración (minutos) _____	- 40 -
Tabla 18: Clasificación de pendiente media del cauce (%) _____	- 41 -
Tabla 19: Criterios para valorar los Impactos Ambientales _____	- 41 -
Tabla 20: Jerarquización de impactos _____	- 43 -
Tabla 21: Clasificación del estado del agua en base a resultados del ICA _____	- 44 -
Tabla 22: Pesos relativos asignados para cada parámetro _____	- 45 -
Tabla 23: Determinación del subíndice para cada parámetro _____	- 47 -
Tabla 24: Resultados del parámetro de forma de la microcuenca. _____	- 49 -
Tabla 25: Resultados del parámetro de relieve de la microcuenca. _____	- 50 -
Tabla 26: Resultados del parámetro de la red hidrográfica _____	- 52 -
Tabla 27: Matriz de importancia de los impactos identificados _____	- 56 -
Tabla 28: Impactos críticos identificados _____	- 58 -
Tabla 29: Resultados obtenidos del Monitoreo N.º 1 _____	- 60 -
Tabla 30: Resultados obtenidos de Monitoreo N.º 2 _____	- 60 -
Tabla 31: Resultados obtenidos del Monitoreo N.º 3 _____	- 61 -
Tabla 32: Valoración ICA-NSF del monitoreo N°1. _____	- 62 -
Tabla 33: Valoración ICA-NSF del monitoreo N° 2. _____	- 62 -
Tabla 34: Valoración ICA-NSF del monitoreo N°3. _____	- 63 -
Tabla 35: Resumen de valoración de ICA-NSF en los tres puntos de monitoreo _____	- 63 -
Tabla 36: Comparación con la normativa del monitoreo N°1 _____	- 67 -
Tabla 37: Comparación con la normativa del monitoreo N°2 _____	- 68 -
Tabla 38: Comparación con la normativa del monitoreo N°3 _____	- 69 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Impactos identificado en los recorridos de campo _____	- 91 -
Anexo 2: Parámetros medidos en campo y laboratorio _____	- 92 -
Anexo 3: Curvas estandarizadas de cada parámetro empleado para el valor del Subíndice__	- 93 -
Anexo 4: Flujograma que sintetiza la metodología seguida _____	- 98 -
Anexo 5: Toma de muestras y monitoreos _____	- 98 -
Anexo 6: Impactos identificados _____	- 99 -
Anexo 7: Alteraciones en riberas y en el agua _____	- 104 -
Anexo 8: Actividades en el área de estudio _____	- 104 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La microcuenca "Quebrada Tres Marías", según el Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), abarca un área de 1078,16 hectáreas y cuenta con 22 corrientes naturales de agua de primer, segundo y tercer orden. La longitud de la quebrada Tres Marías es de 6,09 kilómetros y se encuentra ubicada en las comunidades de Patapamba, Punta Corral y El Cisne de la parroquia Turi. Además, recibe aportes de las quebradas Mishquihuaycu y Alfahuaycu. La quebrada Tres Marías se conecta con la quebrada El Solitario, que a su vez es alimentada por las quebradas Talanquera, Mulahuaycu y Agua Santa. Finalmente, todas estas quebradas desembocan en el río Tarqui (GAD DE CUENCA, 2013).

Uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el planeta hoy en día es la contaminación del agua, no solamente producidas por procesos naturalmente sino también a través de las actividades humanas, incluidas las domésticas y la agroindustriales (Mendoza, 2019). En Ecuador, aproximadamente el 70% de las localidades carecen de un sistema efectivo para gestionar los desechos sólidos, lo cual lleva a que los habitantes depositen su basura en los cuerpos de agua existentes en el país. Los cuerpos de agua situados a altitudes inferiores a los 2000 ms.n.m pueden presentar contaminación debido a diferentes factores. Entre las causas identificadas se encuentran el uso de sustancias químicas en la agricultura, una gestión inadecuada de los desechos industriales y la ausencia de sistemas de alcantarillado en zonas urbanas (Andrade & Carrión, 2018).

La parroquia Turi se enfrenta a desafíos relacionados con la contaminación de las fuentes de agua. Fuentes de agua doméstica que carecen de protección, y también que están ubicadas en propiedades privadas y en áreas cercanas a zonas pobladas, mismas que, se ven afectadas por el mal uso de los suelos, por suelos incompatibles debido a: más del 50% uso agrícola en laderas, uso agrícola en suelo apto para silvicultura y uso agrícola en suelos de conservación (GAD DE TURI, 2020).

Las aguas residuales provenientes de sectores agrícolas o productivos, ya sean aguas residuales domésticas u otras, presentan altos niveles de contaminación, principalmente de materia orgánica y patógenos biológicos. Si estas aguas residuales se descargan directamente en las fuentes de agua, pueden empeorar su degradación y degradar los ecosistemas, lo que afectara en la calidad del agua, el bienestar de las personas y otros animales que dependen de ella (Pontón, 2018).

Los recursos hídricos pueden enfrentar contaminación de origen natural y causadas por actividades humanas. La contaminación natural ocurre debido a la presencia de partículas o sustancias orgánicas de origen natural, mientras que, las escorrentías agrícolas, las aguas servidas de origen domésticas, los efluentes de procesos industriales y el impacto de la actividad ganadera, entre otras fuentes, son las principales causas de la contaminación de origen humano (Samaniego, 2019).

En Ecuador, el 79.3% del agua destinada al consumo humano a nivel nacional se encuentra libre de contaminación, mientras que el 20.7% está contaminada. En las áreas urbanas, el 84.6% del agua no está contaminada, y dentro del 15.4% restante que sí está contaminada, aproximadamente el 28.6% se encuentra envasada o embotellada (El Universo, 2017). El 70,1% de los ecuatorianos utiliza fuentes de agua como cañerías, pozos o manantiales protegidos o agua embotellada en o cerca de su hogar para abastecerse de agua potable que sea adecuada y libre de contaminación fecal (El Universo, 2017).

Las quebradas son recursos hídricos naturales que nacen de formaciones montañosas y llegan a formar parte de microcuencas, subcuencas y cuencas hidrográficas, las cuales cumplen una gran labor medioambiental y humana. Una cuenca en buen estado, es esencial para mantener la vida silvestre y el balance ecológico, la importancia de estos recursos hídricos tiene un valor considerable para el Medio Ambiente ya que proveen algunos bienes ambientales como riego que son usados por agricultores y servicios ambientales como captaciones hídricas y control para inundaciones.

La situación actual de las quebradas es preocupante, ya que muchas de ellas se han convertido en sitios para construcciones ilegales y vertederos de residuos sólidos. Estos lugares carecen de valor para los habitantes de la zona (Sánchez, 2022). Las acciones humanas, tales como la cría de ganado, prácticas agrícolas, acumulación de desechos sólidos, escorrentías de lluvia y el vertido de aguas residuales han afectada negativamente el agua la quebrada Tres Marías. Estas actividades tienden afectar directamente la calidad sus aguas.

En la provincia de Azuay, se estima que hay un total de 6.153 quebradas perennes y 1.960 quebradas intermitentes. Sin embargo, en general, existe una falta de información sobre la calidad del agua en las quebradas de Cuenca y se carece de registros ambientales detallados sobre ellas (Sánchez, 2022). Es fundamental tener un conocimiento claro sobre el estado del agua, debido a que este recurso es esenciales para poblaciones cercanas, ya sea para abrevaderos para animales, suministros públicos de agua, riego agrícola o receptores de aguas servidas (Espejo & Tenelanda, 2018).

Este proyecto investigativo, se llevó a cabo un diagnóstico y evaluación de los problemas ambientales causados por actividades naturales y humanas. Como consecuencia de estos problemas, Los cuerpos de agua pueden cambiar debido a una variedad de factores, debido a, conflictos socioeconómicos, la erosión, los cambios en la calidad del agua y la pérdida de pendientes y vegetación. Además, esta investigación marca el inicio para futuros proyectos ambientales e hidrológicos para la parroquia Turi, brindando oportunidades para abordar y solucionar los impactos identificados.

El estudio se enfoca en realizar un diagnóstico de la microcuenca "Quebrada Tres Marías" ubicada en la parroquia de Turi, centrándose en el recurso hídrico. Para lograr esto, se utilizará el software ArcGIS para llevar a cabo la caracterización morfométrica de la microcuenca, analizando aspectos como el área, longitud y orden de los afluentes. Además, se utilizará la matriz de

importancia de Conesa Fernández como una herramienta de evaluación para identificar los impactos más críticos presentes en la zona. Asimismo, para estudiar el comportamiento y estado del agua, se aplicará el Índice de Calidad del Agua Aditivo (ICAA-NSF), desarrollado originalmente en 1970 por Brown, el cual ofrece una manera simple de presentar los niveles de contaminación y establece requisitos de información basados exclusivamente en los resultados de los parámetros analizados (Espinoza, 2020).

Así mismo al evaluar la condición del recurso hídrico se medirá nueve variables físico-químicas, que incluyen DBO5, turbidez, pH, sólidos totales, fosfatos, nitratos, temperatura y oxígeno disuelto. Solo se medirá la presencia de coliformes fecales en términos del parámetro microbiológico. Para verificar si se cumplen los estándares establecidos, se contrastarán los resultados analizados con las disposiciones legales aplicables, en particular con el acuerdo ministerial 097a.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Elaborar un diagnóstico de la microcuenca “Quebrada Tres Marías” de la parroquia Turi con énfasis en el recurso agua en el período octubre 2022 y marzo 2023

1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización morfométrica de la microcuenca “Quebrada Tres Marías”.
- Identificar los impactos ambientales más críticos aplicando la matriz de importancia de Vicente Conesa Fernández.
- Determinar el índice de calidad del agua (ICA – NSF) realizando análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos por el COA.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la parroquia Turi

También conocida como el balcón de Cuenca, se localiza en la zona norte de la provincia de Azuay y al sur del cantón Cuenca, comprende un área de 2667,74 ha., con una población de 8,964 habitantes, de este total, 4.177 son hombres y 4.787 son mujeres. Se fundó el 05 de febrero de 1853, su altitud esta entre 2520 y 3060 ms.n.m y alcanza temperaturas anuales de 12° y 22° C. Esta se considera una de los territorios parroquiales más turísticas de la ciudad, por su belleza paisajista y principalmente por sus miradores como: mirador Turi centro, mirador el Boquerón, mirador el Calvario, mirador de Mojas y mirador de Ictocruz, sitios que son muy visitados por cuencanos y visitantes nacionales e internacionales, además muy reconocida por su vegetación, sus artesanías, su gastronomía y cultura (GAD TURI, 2020).

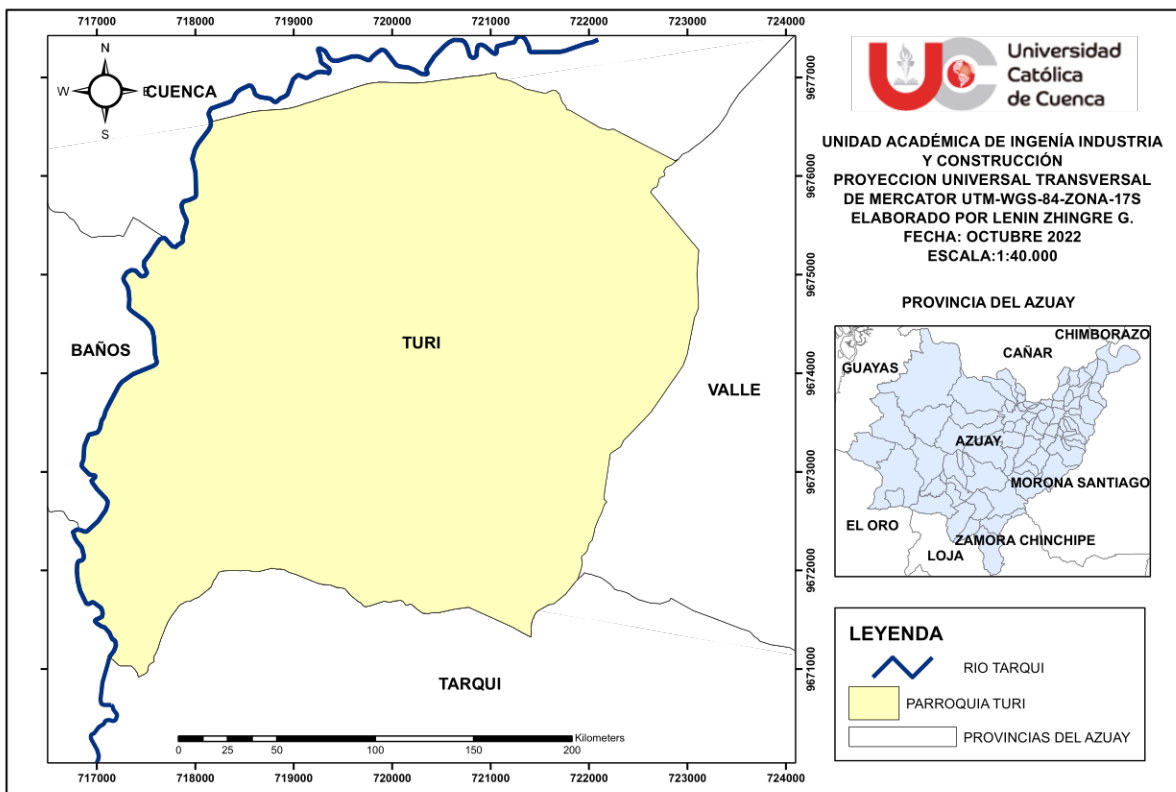


Figura 1: Mapa de la limitación parroquial

Esta región limita junto con la ciudad de Cuenca, que se ubica al norte donde comprende el área urbana del cantón, así como las parroquias urbanas de Yanuncay y Huayna Cápac. Las parroquias rurales, como es, Tarqui que se ubica al sur, El Valle hacia el este y Baños situado al oeste (GAD TURI, 2020).

2.1.1 Pendientes

Las áreas predominantes se distribuyen de la siguiente manera en la parroquia: las pendientes pronunciadas, que tienen una inclinación de entre el 40% y el 70%, abarcan un total de 1110,62 hectáreas, que representa el 42,88% del territorio parroquial. Le siguen las pendientes moderadamente pronunciadas, que ocupan un rango del 25% al 40%, abarcando 911,62 hectáreas, correspondiente al 35,18%. Además, se encuentran las pendientes de grado medio, cubriendo el 12% al 25%, con 515,98 hectáreas, representa el 19,92%. En menor medida, se encuentran las pendientes suaves, que varían del 5% al 12% y abarcan 10,34 hectáreas, equivalente al 0,40%, y las pendientes más suaves, que ocupan 41,86 hectáreas, equivalentes al 1,62% del territorio parroquial (GAD TURI, 2020).

Tabla 1: Rango de pendientes de la parroquia Turi

Rango	Clasificación	Área Ha	Porcentaje
(2 a 5 %)	Muy suave	41,86	1,62
(5 a 12 %)	Suave	10,34	0,40
(2 a 25 %)	Media	515,98	19,92
(25 a 40 %)	Media a fuerte	911,10	35,18
(40 a 70 %)	Fuerte	1110,62	42,88
Total		2589,89	100

Fuente: (GAD TURI, 2020)

2.1.2 Geología

Se distingue por la presencia de formaciones aluviales, aluviales de Coluvio, Ladera (Coluvial), Azogues, Loyola, Mangan y Turi. Está compuesta principalmente por arcilla, arenisca y conglomerado, según lo señalado por el GAD Turi (2020).

2.1.3 Suelos

Según los grupos taxonómicos se han identificado cuatro tipos de suelos, la clasificación se lo realiza mediante nivel de orden y agrícola. Los suelos destacados dentro de la parroquia de Turi son principalmente los Alfisoles y Molisoles.

Tabla 2: Unidades de suelo presentes en la parroquia Turi

Clasificación	Área Ha	Porcentaje
Alfisoles	527,84	20,38
Entisoles	18,77	0,72
Inceptisoles	92,71	3,58
Molisoles	1933,86	74,67
Tierras misceláneas	16,72	0,65
Total	2589,89	100

Fuente: (GAD TURI, 2020)

Alfisoles: Son suelos minerales con un buen índice de evolución edafogénica, con una capa superficial bien definida sobre una capa rica en arcilla, donde la arcilla ha sido desplazada de la superficie. Los cultivos intensivos de ciclo corto y los forrajes pueden desarrollarse en suelos con una saturación de bases superior al 35 % que están presentes en relieves muy antiguos o paisajes jóvenes. Estas características indican que los suelos poseen una buena disponibilidad de elementos nutritivos fundamentales para el desarrollo de las plantas (Sigtierras, 2017).

Molisoles: Son suelos que se caracterizan principalmente por la presencia de una capa superior rica en compuestos orgánicos. Estos suelos se forman en diversos climas, que pueden ir desde áridos hasta húmedos, y desde templados hasta fríos. En cuanto a los cultivos, para nuestro país son los más utilizados el cacao, el maíz tierno, el maíz duro, la caña de azúcar y la papa (Sigtierras, 2017).

2.1.4 Suelos a nivel de orden

En la parroquia de Turi dominan los Mollisoles, con una superficie de 1933,86 ha, representando el 74,67 % en la parroquia; seguidos por los Alfisoles, con una superficie de 527,84 Ha, que representan el 20,38 %; la proporción de Inceptisol es muy bajo, con una superficie de 92,71 hectáreas, lo que equivale al 3,58% del territorio parroquial (GAD TURI, 2020).

Las clases agrológicas de suelo de la parroquia Turi está conformado por 6 clases desde la III (óptima) a la VIII (menos óptima), los suelos de clase III son susceptibles a usos agrícolas de intensidad moderada, se encuentran en pendientes moderadas y por tanto con mayor riesgo de erosión, ocupa el 1,62% equivalente al 42,86 ha, los suelos de clase IV tienen el potencial para un uso agrícola restringido, se pueden utilizar en cultivos, pastos y producción de hortalizas, ocupa el 9,22% equivalente al 238,73 ha, los suelos de clase V albergan vegetación permanente, pero no son aptos para el cultivo y limitan su uso para pastos, masa forestal y mantenimiento de la vida silvestre, ocupa el 0,40 % equivalente al 10,34 ha, los suelos de clase VI se utilizan para pastoreo o silvicultura, y su uso conlleva un riesgo medio, ocupa el 43,48% equivalente al 1126,09 ha, los suelos de clase VII se utilizan para pastos o silvicultura, son suelos inclinados, erosionados, accidentados, poco profundos o inundados, ocupa el 30,99% equivalente al 802,73 ha., los suelos de clase VIII deben utilizarse para fines recreativos, relacionados con la vida silvestre u otros, ocupa el 13,65% equivalente al 353,44 ha. (GAD TURI, 2020)

2.1.5 Clima

Según la descripción del Atlas Geográfico del Ecuador de 2013, la parroquia de Turi se encuentra bajo un clima ecuatorial mesotérmico semi húmedo en toda su extensión. Este clima se caracteriza por tener dos periodos de precipitación que se alternan en febrero y mayo, así como entre octubre y noviembre. Anualmente caen entre 500 y 2000 mm de precipitación. Los valles de Sierra Nevada son los que principalmente experimentan este tipo de clima. La temperatura promedio oscila entre 12 y 20 grados centígrados, siendo marzo y septiembre los meses más cálidos, mientras que, de junio a julio son los meses con más heladas (GAD TURI, 2020).

2.1.6 Temperatura

En la parroquia de Turi, la temperatura varía entre los 12 y 16 °C. El 71,02% del territorio parroquial, equivalente a 1839,44 hectáreas, presenta una temperatura que oscila entre los 14 y 15 °C. Según estudios el gradiente térmico se sitúa en un rango de 0,5 a 0,6 °C de disminución por cada 100 metros de altitud, este se da por un descenso de temperatura en el mar (GAD TURI, 2020).

2.1.7 Precipitación

La parroquia Turi experimenta una precipitación anual máxima de 750mm. El 54.43% de su territorio experimenta precipitaciones que oscilan entre 650mm y 700mm, mientras que el 45.57% experimenta precipitaciones entre 700mm y 750mm. Existe una disminución progresiva en la cantidad de lluvia de oeste a este, siendo la zona oeste de la parroquia la que recibe mayor cantidad de lluvias (GAD TURI, 2020).

2.1.8 Uso y cobertura de suelos

En la parroquia de Turi, se ha determinado la siguiente distribución de vegetación y ocupación del suelo: el 50,74% del territorio, equivalente a 1314,02 hectáreas, corresponde a tierras agrícolas utilizadas para cultivos, pastizales o actividades agrícolas; el 26,46% del territorio, equivalente a 685,42 hectáreas, está cubierto por vegetación arbustiva y herbácea; y el 22,80% restante, que equivale a 590,46 hectáreas, abarca áreas sin cobertura vegetal, bosques, cuerpos de agua, zonas urbanas y otras coberturas como áreas afectadas por incendios (GAD TURI, 2020).

Tabla 3: Cobertura y uso de suelos de la parroquia Turi

Uso de suelos	Área Ha	Porcentaje
Plantación forestal de eucalipto	423,69	16,36
Plantación forestal de pino	3,77	0,15
Plantación forestal de eucalipto / pino	18,52	0,72
Asociación forestal	0,79	0,03
Vegetación arbustiva (chaparro)	221,81	8,56
Vegetación herbácea	463,61	17,9
Suelo cultivado	34,72	1,34
Suelo arado	194,24	7,5
Pasto con manejo	1085,06	41,9
Lago o Laguna	0,032	0
Reservorio	0,379	0,01
Río	1,307	0,05
Suelos erosionados	5,94	0,23
Suelos descubiertos	59,94	2,31
Área poblada	0,64	0,02
Estructuras diversas	5,88	0,23
Vías	67,75	2,62
Área quemada	1,82	0,07
Total	2589,89	100

Fuente: (GAD Turi, 2020)

2.2 Diagnóstico ambiental

Es un diagnóstico in situ (en el lugar) para constatar y comprobar la condición actual de un sitio de estudio o área que necesita ser intervenida, concentrándose en los elementos más particulares de agua, suelo, aire y biota (Calderón, 2011), Por lo tanto, su desarrollo debe incluir acciones recomendadas para abordar el problema diagnosticado, así como un sistema de parámetros que permita medirlo, controlarlo y monitorearlo. Se considerará un entendimiento del estado del medio ambiente del Territorio, a partir del cual podamos formular políticas ambientales correctas que fomenten la sustentabilidad de los recursos (Guanga, 2016).

Los diagnósticos ambientales se realizan dentro de obras, proyectos, industrias o actividades actualmente en curso, determinándose los impactos a través de un sistema de evaluación basado en muestreo y medición directa. Su propósito es identificar las acciones correctivas necesarias para mitigar los impactos adversos (Guanga, 2016).

2.3 Cuencas Hidrográficas

También conocida como "demarcación hidrológica" utilizada en Ecuador. Según la Unión Europea, se refiere a una región que incluye aguas subterráneas, aguas costeras y cuerpos de agua marinos y de agua dulce. También incluye una o más cuencas hidrográficas adyacentes. Las cuencas hidrográficas se utilizan con frecuencia como entidades de planificación y administración de los recursos hídricos. Es importante tener en cuenta que las principales cuencas fluviales normalmente consisten en cuencas más pequeñas conocidas como subcuencas y microcuencas (Vásquez et al., 2019).

Según Vásquez et al., (2016) En hidrología se conoce una cuenca hidrográfica como Divortium Aquarium que significa una área geográfica natural o unidad territorial topográficamente distinta. Las precipitaciones caen en esta cuenca, donde se recogen y desembocan en el río colector común.

La cuenca hidrológica se concibe como un sistema en constante evolución compuesto por elementos biológicos, físicos y antropogénicos que interactúan entre sí de manera dinámica. Esto implica que se puede distinguir en dos ámbitos principales: uno relacionado con su definición conceptual desde una perspectiva biofísica, y otro vinculado a su gestión, restauración y ordenamiento en el contexto político (Duarte, 2015).

2.3.1 Diagnóstico de cuencas hidrográficas

Es un proceso encaminado a determinar el estado actual de una cuenca, teniendo en cuenta su capacidad natural y las tendencias de intervención humana en los recursos naturales. Abarca un proceso de comprender las características, potencialidades, interacciones, causas, problemas, consecuencias y soluciones de estos problemas en una cuenca, explicando cómo funciona el sistema desde una perspectiva biofísica, socioeconómica y ambiental. (Faustino & Chaves, 2015) citado en (Álvarez, 2017).

La planificación, la organización y la preservación a largo plazo de los recursos naturales dependen en gran medida del diagnóstico de una cuenca. Esto se debe a que permite reconocer tanto las capacidades como las restricciones de los recursos disponibles, con el objetivo de beneficiar a los residentes que viven en el área (Cordón et al., 2008).

2.3.2 Funciones de una cuenca hidrográfica

Aguirre (2007) divide a una cuenca en funciones: hidrológicas, ecológicas, ambientales y socioeconómicas.

a. Funciones Hidrológicas

- El agua se recolecta de diferentes tipos de precipitación y luego fluye hacia los manantiales, ríos y arroyos.
- Hay varias formas y tiempos para almacenar agua.
- Liberar agua a través de la escorrentía.

b. Funciones Ecológicas

- Ofrece una amplia gama de hábitats y rutas para las interacciones entre las propiedades físicas y químicas del agua.
- Permite la interacción entre las características biológicas y físicas del agua y proporciona un hábitat para las plantas y animales que forman los componentes bióticos de un ecosistema.

c. Funciones Ambientales

- Actúa como sumideros de dióxido de carbono.
- Contiene una reserva de germoplasma.
- Controla ciclos biogeoquímicos y recarga de agua.
- Proteger la riqueza biológica.
- Contribuye a mantener la solidez y diversidad del suelo.

d. Funciones Socioeconómicas

- Ofrece bienes naturales esenciales para el crecimiento de actividades económicamente productivas que sustentan a la sociedad.
- Brinda un entorno favorable al desarrollo sociocultural de la comunidad.

2.3.3 Clasificación de una cuenca hidrográfica

Según Faustino & Jiménez (2000) las cuencas hidrológicas arreicas, exorreicas, criptorreicas y endorreicas pueden ser todas resultado del sistema de drenaje y su conducción final.

- **Arréicas:** Son aquellas en las que sus aguas no tienen una desembocadura hacia el mar. El agua que cae en estas cuencas se evapora, se acumula en los lagos, se filtra en el suelo o salinas sin conexión a cursos de agua externos.
- **Exorreicas:** Son cuencas en las que el agua fluye hacia el mar o el océano a través de ríos u otros cursos de agua superficiales. Estas cuencas están conectadas con una red de drenaje que desemboca en el mar.

- **Criptorréicas:** Son cuencas que presentan características intermedias entre las cuencas arréicas y exorreicas. El agua en estas cuencas puede evaporarse, infiltrarse o fluir hacia cursos de agua internos sin tener una salida directa hacia el mar.
- **Endorreicas:** Son cuencas cerradas que no tienen salida hacia el mar u océano. El agua que cae en estas cuencas se acumula en lagos, lagunas o salares, y no fluye hacia el mar. La evaporación es el principal mecanismo de pérdida de agua en estas cuencas.

Por su balance hídrico, se le puede llamar cuencas de equilibrio, de déficit y de exceso. El uso o manejo puede indicar nombres tales como: cuencas municipales que abastecen de agua potable y cuencas hidroeléctricas. Cualquier designación debe tener en cuenta su finalidad, el significado de los conceptos utilizados y el manejo previsto. Una cuenca hidrológica se puede dividir de diferentes formas según las unidades más pequeñas como cuencas, subcuencas y microcuencas están definidas por la densidad de la red de drenaje (Faustino & Jiménez, 2000).

Tabla 4: Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas

Unidad	N.º de orden	Área (km ²)
Microcuenca	1,2,3	10 a 500
Subcuenca	4,5	500 a 2000
Cuenca	6,7 o más	Más de 2000

Fuente: (Faustino & Jiménez, 2000)

Región hidrográfica: El canal principal, que consta de varias cuencas, es lo suficientemente grande y largo como para formar amplios valles, llanuras aluviales y deltas (Sterling et al., 1999).

Cuenca: Un sistema conformado por múltiples subcuencas o microcuencas

Subcuenca: Se refiere a una región cuyas aguas desembocan directamente al río de una cuenca, creando una más grande mediante la fusión de varias cuencas pequeños (García et al., 2005).

Microcuenca: Es un área de agua superficial con salida a una red hidrológica natural a través de uno o más cauces, fluyendo continua o esporadicamente, convergiendo en un proceso alto. Las microcuencas se delimitan por divisorias de agua, donde desembocan a grandes ríos, embalses naturales o directamente al mar. En términos de escala, se describe a una microcuenca como una cuenca inferior a 500 km².

Quebrada: Se considera el lugar donde los sistemas de drenaje se conectan directamente con la corriente inicial de la microcuenca. (Ordóñez, 2011), varios de estos recursos están formadas por microcuencas. Frecuentemente, estos cursos de agua nacen de formaciones geográficas estrechas entre elevaciones que cruzan una inclinación llegando a formar un río principal y creando una cuenca hidrográfica (García et al., 2005).

- **Quebradas perennes:** Son ríos que poseen agua de forma constante, ya que reciben un flujo continuo de agua subterránea que los alimenta de manera sostenida.
- **Quebradas intermitentes:** Tienen agua durante la temporada de lluvias, pero se secan durante el verano o períodos de menor precipitación.

2.3.4 Secciones de una cuenca hidrográfica

Cuenca alta: Generalmente una cuenca alta posee pendientes muy pronunciadas, suele ser un área de páramo. Una de las particularidades notables del área es la presencia de escasa o nula actividad humana, debido a que se considera sumamente vulnerable (Zumbado & Mesén, 2018). Estas áreas están ubicadas en elevaciones que superan los 3000 ms.n.m, a veces incluso a 6.500 ms.n.m (Vásquez et al., 2016).

También se las conoce como "cabeceras de cuenca", son áreas que se caracterizan por tener la mayor cantidad y la mejor calidad de agua en una cuenca hidrográfica. Debido a su importancia como fuentes de agua, es crucial preservar y proteger estas zonas altas, ya que proveen agua al resto de cuencas (Vásquez et al., 2016).

Cuenca media: Se encuentran desde los 800 a 3000 ms.n.m. Estas regiones contienen valles interandinos, que se encuentran en estas zonas que se destacan por tener un clima hospitalario y diverso. La escorrentía de estas áreas de la cuenca tiene un rol fundamental, dado que hay muchas pequeñas ciudades cercanas, esta región también exhibe una importante actividad económica (Vásquez et al., 2016).

Cuenca baja: Esta abarca desde posición del océano hasta los 800 ms.n.m. En esta zona, los cursos de agua desembocan en ríos grandes o áreas bajas. Característicamente, estas áreas suelen tener terrenos planos y experimentan un transporte significativo de sedimentos. En la parte final de la cuenca, la velocidad del flujo de agua disminuye. Es importante destacar que en esta zona predominan los sectores urbanos. Para comprender los efectos que han ocurrido en el resto de la cuenca, es relevante considerar esta área, ya que las actividades urbanas tienen un impacto significativo en el equilibrio y en la calidad del agua de la cuenca en su conjunto (Albarracín, 2019).

2.3.5 Caracterización de una cuenca hidrográfica

Identifica y clasifica las variables o características que poseen, las cuales luego se utilizan como información fundamental para el monitoreo, seguimiento y evaluación en el manejo de las cuencas. Esta información básica es crucial para realizar un diagnóstico preciso de la cuenca, lo que permite una gestión adecuada de la misma. Durante este proceso se analizan los problemas principales, las causas y efectos en el área, lo que permite establecer actualmente la situación del área. Por lo tanto, la gestión de una cuenca hidrológica está fuertemente influenciada por sus características, ya que a partir de ellas se inicia la planificación e implementación de los procesos necesarios para su adecuada gestión (Anaya, 2012).

a. Caracterización morfométrica

Esta ofrece una descripción física de su disposición espacial y permiten la comparación con otras cuencas (F. Gaspari et al., 2012). “El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia” (F. Gaspari et al., 2012, p.37).

La cuenca hidrográfica se considera una unidad claramente definida en el paisaje y puede ser utilizada como una herramienta de análisis espacial que ayuda en la gestión y planificación de los recursos naturales, así como en la mitigación de riesgos de inundaciones y movimientos a gran escala. La región en la que se encuentra ubicada una cuenca hidrográfica, junto con sus características morfométricas, que son rasgos primarios del paisaje, permiten obtener información relevante sobre la forma y el comportamiento del entorno, así como del flujo de agua (Rizo et al., 2011).

El área, perímetro, curva hipsométrica, compacidad o coeficiente de Gravelius, índice de elongación, orden de corrientes y densidad de drenaje son solo algunos mediciones que se pueden utilizar para la morfometría de una cuenca. Se los realiza mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y formulas. Es posible adquirir y modelar estos índices o parámetros, lo que proporciona una comprensión más completa de la morfología de la cuenca hidrográfica y facilita su análisis y gestión.

2.3.6 Importancia de una cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas trascienden la mera delimitación de las zonas de desagüe dentro o en las cercanías de nuestras comunidades; son esenciales para proporcionar agua limpia para las personas, el ganado, los cultivos y la industria, así como un hábitat para las plantas y los animales. Para asegurar el bienestar continuo de todos los seres vivos, se deben preservar los recursos naturales de las cuencas (Duarte, 2015).

Para Espinal (2004) en las cuencas hidrográficas se encuentran los recursos naturales, los elementos estructurales y las actividades humanas (agricultura, ganadería, silvicultura, industria, etc.), junto con la infraestructura física, social y económica. El ser humano, mediante sus decisiones, genera cambios tanto positivos como negativos en las cuencas, mientras que la naturaleza sirve de modelo para estas condiciones a través de su comportamiento. Cada cuenca tiene características únicas, determinadas por las condiciones de los ámbitos físico, biológico, económico, social y cultural, así como por sus recursos naturales y habitantes. Al mismo tiempo, el agua recogida en la cuenca es un recurso esencial para las personas, pero también puede ser peligroso cuando ocurren fenómenos naturales extremos como sequías, inundaciones o contaminación del agua.

Según Aguirre (2007) múltiples instancias de degradación de los recursos, incluyendo la del agua, el suelo y vegetación, son evidentes en Ecuador. Al cambiar la cubierta vegetal, no solo se alterará la biodiversidad, sino que también se degradarán los recursos hídricos y terrestres. La

deforestación, los cambios en el uso de suelo sin tener en cuenta su idoneidad y los sistemas de producción agrícola que no se adaptan a las condiciones locales trae consecuencias como:

- Pérdida de biodiversidad por reducción acelerada de la superficie forestal del país.
- Cambios hidrológicos como inundaciones, secado de manantiales y agotamiento de acuíferos durante periodos secos, e incluso cambio climático.
- Erosión del agua y del suelo: el 70% de la tierra del país está erosionada en diversos grados, y el 48% de la tierra del país está severamente erosionada o completamente erosionada. Y esta tendencia sigue creciendo.
- El potencial productivo agrícola y forestal de la tierra se va perdiendo paulatinamente.

2.3.7 Manejo de cuencas hidrográficas

El propósito del manejo integrado de cuencas es satisfacer las necesidades humanas, gestionar de forma apropiada los bienes naturales y mejorar el estándar de vida en equilibrio con el medio ambiente. Para alcanzar estos objetivos, es fundamental implementar acciones y tecnologías que se adapten a los aspectos socioeconómicos y legales de las cuencas, abordando de esta manera las cuestiones ambientales, económicas y sociales implicadas (Albarracín, 2019).

El manejo de una cuenca es crucial para que la gestión ambiental se reduzca los impactos negativos y se revalorice los elementos para impactos positivos. El manejo se concibe como un desarrollo que debe adaptarse a las particularidades de cada cuenca, con el fin de ajustar, coordinar y procesar planes para alcanzar objetivos compartidos. Para lograr esto, se necesita la sinergia, coordinación, cooperación y colaboración de diversos organismos, trabajando en conjunto bajo una visión común que se base en un conocimiento estructurado del medio ambiente para entender su historia y evolución. (Maass & Cotler, 2007) citado en (Albarracín, 2019).

La gestión integral de una cuenca hidrológica tiene enormes beneficios para el medio ambiente, las personas que utilizan sus recursos y, en general, la región en la que se encuentra, ya que es un sistema integrado en el que la parte alta de la cuenca afectan a las partes bajas (Zumbado & Mesén, 2018) citado en (Tapia, 2021).

La degradación de los recursos naturales es el resultado del impacto de la actividad humana en el medio ambiente, son puestos de manifiesto por las cuencas hidrológicas. Por consiguiente, es imprescindible organizar, proteger y planificar los recursos de estas cuencas para salvaguardar sus fuentes de agua y prevenir o minimizar la contaminación (Rizo et al., 2011).

2.3.8 Gestión de cuencas hidrográficas en Ecuador

La mayoría de gestiones de los países latinoamericanos incluida Ecuador tienen como objetivo atender los problemas de producción de energía eléctrica, sistemas de abastecimiento de agua potable y el riesgo de los cultivos de exportación. No se ha pensado mucho en la gestión de estos recursos, lo que ha obstaculizado los esfuerzos por elevar la calidad de vida de los recursos humanos y naturales (Aguirre, 2007).

Los ríos en Ecuador se dividen en dos vertientes: aquellos que ingresan al río Amazonas (al este de los Andes) y las que ingresan al Océano Pacífico (al oeste de los Andes). La región de la cuenca del Pacífico alberga alrededor del 88 por ciento de la población del país, pero tiene un potencial hidrológico de sólo el 11,5 %. Aunque el país cuenta con recursos hídricos aparentemente adecuados en general (la precipitación anual promedio es de 2274 mm), esta disparidad hace que algunas áreas experimenten escasez de agua, particularmente durante la estación seca. Solo el 4% del suministro total de agua de Ecuador proviene de aguas subterráneas; la mayoría proviene de fuentes superficiales (Vásconez et al., 2019).

Según Ramírez (2015), 31 son los sistemas hidrológicos naturales que conforma el Ecuador, 24 de estos están ubicados en el Pacífico y cubren un total de 124,64 km², mientras que 7 están ubicados en el Amazonas y cubren un área total de 131,75 km². Estas dos vertientes corresponden al 49 y 51 % de la superficie total del país, respectivamente.

Es evidente el deterioro de los sistemas hidrológicos del país, en general sujetos a severa deforestación y destrucción de vegetación, intensos procesos de erosión por alta contaminación de aguas y suelos, destrucción masiva de ecosistemas enteros (manglares, bosques secos, bosques montano alto interandino), y muchas veces debido a la sobreexplotación de sus recursos (Aguirre, 2007). Por lo tanto, es fundamental la gestión de las cuencas, especialmente para la parte alta (el ecosistema de páramo), ya que es responsable de garantizar la calidad y magnitud del agua suministrada a otras cuencas (Albarracín, 2019).

La diversidad de ecosistemas presentes en el Ecuador es un aspecto clave en el manejo integral de las cuencas, lo que requiere la realización de estudios individuales para cada una de ellas (Aguirre, 2007). Su objetivo es desarrollar y poner en práctica sistemas hídricos nacionales que especifiquen y cuantifiquen la cantidad de agua utilizada en las cuencas hidrológicas. Para alcanzar lo expuesto, se busca desarrollar e implementar sistemas hídricos nacionales que describan y cuantifiquen el uso del agua en las cuencas hidrológicas. Dado el grave problema del deterioro de los ecosistemas alpinos y su impacto sobre las áreas protegidas hídricas, se han tomado acciones para detener la degradación ambiental y fomentar la reforestación en las áreas afectadas, con el fin de restaurar los suelos y salvaguardar las cuencas hidrográficas (Ramírez, 2015).

2.4 Recursos Hídricos

Los recursos hídricos son bienes ambientales que nos proporciona la madre naturaleza de manera natural, misma que nace de zonas montañosas y llegan a formar cuerpos de agua como: ríos, quebradas, lagunas y lagos, siendo un factor importante que todo ser vivió necesita para subsistir, en definición legal; son recursos públicos irrestrictos utilizados para complacer las necesidades básicas de la humanidad. Se consideran parte del patrimonio natural del estado (Benavides, 2019).

Los recursos hídricos son masas de agua que están disponibles en términos de magnitud, calidad, ubicación y tiempo para satisfacer necesidades sociales que se pueden identificar. Estos recursos constituyen suministros o reservas de agua dulce utilizados por los seres humanos para cubrir sus necesidades. Se consideran recursos naturales renovables, aunque solo el 2.53% del agua en la Tierra es dulce, mientras que el 97% es salada. La capacidad de regeneración de los recursos hídricos se ve amenazada por factores como la contaminación y la distribución desigual. Estos recursos son vitales para la supervivencia humana y son importantes en muchas áreas, incluida en la economía (Pineda, 2022).

Tener un derecho humano básico es tener acceso a los recursos hídricos que debe ser respetado sin ningún tipo de discriminación por parte de las instituciones y organismos del Estado. Sin embargo, para hacer respetar este derecho, lo más importante es garantizar la preservación del medio ambiente (Heredia, 2022).

2.5 Impacto Ambiental

Los impactos ambientales son todos los cambios negativos, positivos, neutrales, directos o indirectos que resultan de actividades, trabajos o proyectos públicos o privados, que producen efectos observables y verificables en el entorno natural y sus elementos como resultado del tiempo, roles mutuos, relaciones y otras características de los sistemas naturales (Adriano & Guerra, 2021).

Sterling et al, (1999) de acuerdo con el Artículo 22 del Decreto 1753 de 1994, establece que una herramienta importante para la planificación ambiental y la toma de decisiones es el estudio de impacto ambiental. Su objetivo principal es señalar los pasos necesarios para detener, corregir, compensar y disminuir los efectos y resultados negativos de un proyecto, trabajo o actividad específica.

2.5.1 Evaluación de impacto ambiental

Permiten estimar el impacto ambiental de un determinado proyecto, acción u obra, incluyendo análisis y reportes técnicos. Para elegir alternativas que permitan tanto lograr beneficios como minimizar impactos, es necesario predecir los efectos ambientales positivos y negativos de las acciones potenciales, este proceso se conoce como evaluación de impacto ambiental (Adriano & Guerra, 2021). El autor Sterling et al., (1999) menciona que una evaluación de impacto ambiental incrementa la eficiencia en el uso de recursos, previene la intervención en zonas susceptibles y reduce los altos costos de control y restauración ambiental. El procedimiento también permite prever los efectos negativos del proyecto y los costos asociados para la mitigación, prevención o compensación.

2.5.2 Matriz de importancia

Es la relación en la que cualitativamente se evalúa los efectos ambientales en relación a la incidencia o intensidad de los cambios producidos y las características de los impactos, que a su vez responden a una serie de atributos cualitativos exigidos por la normativa, ya relevantes, como:

la extensión, acumulación, tipo de efecto, recuperabilidad, manifestación, persistencia, reversibilidad, periodicidad y sinergia (Conesa, 2010).

2.6 Agua

Es un recurso renovable formada por dos hidrógenos y un oxígeno. Es única en su capacidad para existir en tres estados diferentes: líquido, sólido y gaseosos (Sierra, 2011). Se considera el recurso más importante para cualquier ser humano y se renueva continuamente en el ciclo hidrológico. Los contaminantes antropogénicos han impactado y amenazado las fuentes de abastecimiento de este recurso, el cual está siendo consumido a un ritmo acelerado (Valcarcel et al., 2008).

El agua constituye más del 70% de la superficie de la Tierra y se puede encontrar en océanos, lagos, ríos, aire y suelo. La tierra está cubierta de agua la cual considera esencial para mantener la vida en el planeta porque desempeña un papel muy importante en el control del clima a escala global (Fernández Cirelli, 2012).

La Tierra está representada por casi 97,5% de océano y el 2,5% es agua dulce. El 80 % del agua dulce están representados por glaciares, casquetes nevados y capas de hielo, el 19 % por aguas subterráneas y el 1 % por aguas superficiales de acceso rápido (Fernández Cirelli, 2012).

2.6.1 Contaminación del Agua

Es el acto de insertar determinadas sustancias en el agua, cambiando su composición química física y microbiológica y su calidad. Cuando se ha cambiado la composición química del agua de manera que no cumple con los requisitos para el uso que le hubiera correspondido en su estado natural, se dice que está contaminada (Guadarrama et al., 2016).

Se pueden dar de forma natural y antrópicas, donde, las de origen natural se distribuye de manera dispersa y no aparecerán contaminantes de alta concentración, salvo en lugares relacionados con los yacimientos mineros, mientras que, los contaminantes de origen antrópicas son producidas por acciones humanas como el vertido de aguas domésticas, agrícolas e industriales, las cuales exigen un consumo continuo de este recurso y, en consecuencia, producen más desechos que en cierta cantidad llegando acabar a las fuentes de agua (García, 2009).

2.6.2 Calidad del agua

Fernández & Solano (2005); Guanga (2016) lo definen como una medida que tiene en cuenta las características químicas, físicas y biológicas del agua, mientras que, (Quino & Quintanilla, 2013) lo define como un término relativo que describe el impacto que tiene la presencia de sustancias naturales en la composición química del agua. Estas características se adoptan para propósitos generales, por ejemplo, se acepta generalmente que los suministros públicos de agua para uso doméstico y actividades recreativas deben ser transparentes, libres de minerales que puedan producir efectos biológicos o fisiológicos adversos y libres de patógenos (Guanga, 2016).

No obstante, Sierra (2011) propone dos definiciones relacionadas a la calidad de este recurso. La primera examina la cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua, su concentración, tamaño y características físicas. La segunda definición abarca la composición y condición de la biota acuática. Es fundamental enfatizar que los cambios en la calidad del agua pueden ocurrir tanto espacial como temporalmente como consecuencia de influencias internas y externas que impactan en los cuerpos de agua.

En épocas antiguas los ríos han sido una fuente inestimable de recursos al proveernos del agua fundamental para la supervivencia y progreso de la humanidad. Sin embargo, han sido utilizadas como receptores de desechos generados en áreas urbanas, zonas industriales, actividades agrícolas y escorrentías lo que ha llevado a una disminución en la calidad de las aguas fluviales (Quiroz et al., 2017), dependiendo de la fuente de las descargas, los niveles de contaminantes presentes y las propiedades del agua en sí, se producen diferentes efectos en varios tipos de cuerpos de agua (Hinojoza, 2018). En otros términos, se refiere a la introducción de materiales o energía, ya sea directa o indirecta por parte de los humanos, lo que resulta en los siguientes problemas: daño a los organismos vivos, impacto en la salud humana, impedimento para las actividades acuáticas como nadar, bucear, navegar, pescar, etc. y al riego, interrupción industrial de actividades económicas como el suministro de agua (Sierra, 2011).

Para determinar la calidad del agua se puede medir principalmente de dos métodos: primera aplicando el ICA y la segunda por la medición de variables físicas, químicas y biológicas. Se aceptan ambas estrategias y tomando las medidas necesarias in situ o en laboratorio se obtienen diversos tipos de información que posteriormente deben ser interpretados. Desde una perspectiva didáctica, es posible determinar la calidad del agua según su estado antes de abordar la naturaleza y características del agua. En este sentido, se distingue entre aguas residuales, agua potable y aguas crudas (superficial, subterránea, marina, etc.) (Sierra, 2011).

2.6.3 Índice de calidad de agua (ICA – NSF)

El Índice de Calidad del Agua de la Fundación National Sanitation Foundation (ICA-NSF) se desarrolló en 1970 usando técnicas de investigación Delphi. Es un indicador multiparamétrico que tiene en cuenta 9 parámetros: temperatura, pH, turbidez, DBO, oxígeno disuelto, nitrato, sólidos totales, fosfato y coliformes fecales (Torres et al., 2010) citado en (Espinoza, 2020).

Esta consiste en una representación que combina varios parámetros para describir de manera simplificada o más compleja la calidad del agua. La ventaja de esto es que resulta más comprensible que una lista de valores matemáticos. El uso de este método les permitirá obtener una visión clara sobre la calidad de este recurso, identificando niveles de contaminación excesiva, moderada o nula, haciendo que sea más fácil comprender y tomar decisiones con respecto al agua. (Valcarcel et al., 2008).

Abbasi & Abbasi (2012) mencionan que el ICA se presenta como una herramienta útil para el estudio de tendencias, resaltando situaciones ambientales específicas y asistiendo a los legisladores en la evaluación del progreso de las políticas regulatorias. En concreto, el ICA es útil para:

- Orientar la toma de decisiones sobre recursos hídricos.
- Comparar la calidad del agua entre diferentes áreas o lugares.
- Verificar si se están cumpliendo con los límites máximos permitidos establecidos.
- Identificar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo (ya sea degradación o mejora).
- Divulgar de manera clara y concisa la calidad general del agua de todas las fuentes al público.
- Contribuir en estudios científicos en el campo del agua y su calidad.

Al facilitar la comprensión y fomentar la gestión adecuada de este recurso esencial, el ICA cumple un papel fundamental en el análisis y monitoreo de la calidad del agua, beneficiando tanto a los tomadores de decisiones como al público en general.

El método NSF propone dos métodos de cálculos: el ICA aditivo y multiplicativo, estos manifiesta resultados de 0 a 100, indicando, valores cercanos a 0 un alto índice de contaminación y valores cercanos a 100 un bajo índice de contaminación (Espinoza, 2020)., es interpretado con la siguiente escala de clasificación; de: 0 - 25 indican (muy mala calidad); de: 26-50 (mala calidad); de: 51 - 70 (media calidad); de : 71 - 90 (alta calidad), y valores de 91 - 100 indican al agua en una excelente calidad (Valcarcel et al., 2008).

2.6.4 Parámetros químicos del agua

a. *Potencial de Hidrógeno (pH)*

Pérez (2016) y Sierra (2011) mencionan que la concentración de iones de hidrógeno en la solución determina el pH, que indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua (H⁺) presentes en ella, se mide in situ o en laboratorios con un equipo electrónico llamado pHchímetro, donde facilita la medición y brinda resultados precisos.

La escala de pH se representa en un rango de 0-14, los valores que se encuentren en un rango de (0-7), se presentaran como muy acidas, y valores que se encuentre de (7-14) presentara un pH muy básico, lo normal de una pH para consumo humano debe estar entre (6.5- 8.5), sobrepasando ese valor puede llegar causar irritación en los órganos (Pérez López, 2016; Sierra, 2011). En cambio, niveles de pH entre 6 y 9 son favorables para el crecimiento de macroinvertebrados y peces (Pérez & Pedraza, 2011).

En la naturaleza, las aguas superficiales con niveles de pH bajos son extremadamente corrosivas e impiden que la vida acuática se desarrolle normalmente, mientras que las aguas con

niveles de pH altos favorecen la precipitación de plomo, hierro, zinc y cobre (Vásconez et al., 2019). Lo cual cuando se consume tiene un efecto perjudicial para la salud (Pérez López, 2016).

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

El DBO5 permite evaluar la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos durante un período de 5 días, se expresan en miligramos por litro (mg/L) de oxígeno consumido. Tiene como finalidad degradar, oxidar y estabilizar la materia orgánica de manera efectiva en muestras de agua. Para el análisis, se realizan pruebas en laboratorios utilizando una incubadora, donde se mantiene una temperatura constante (generalmente entre 20 y 25 °C) (Lecca & Lizama, 2014; Sierra, 2011).

El oxígeno debe estar presente para que el material orgánico en el flujo de agua se descomponga. El crecimiento de bacterias y hongos se ve facilitado por la presencia de un alto contenido de materia orgánica. Los organismos acuáticos requieren el oxígeno del agua para crecer y desarrollarse, pero también se agota cuando se oxida la materia orgánica. Esto puede provocar la inhibición del crecimiento de organismos acuáticos, tanto animales como plantas. Los impactos en el ecosistema incluyen cambios en la calidad del agua y posibles aumentos en el pH, lo que a su vez puede resultar en la disminución de la población de peces y plantas acuáticas (Lecca & Lizama, 2014).

c. Nitratos

Es una sustancia química con átomos de nitrógeno y oxígeno. Los nitratos se producen cuando las sustancias nitrogenadas se descomponen y su presencia se ve directamente impactada por las actividades humanas que tienen lugar cerca de los cuerpos de agua. Un incremento en los niveles de nitrato en el agua es causado por una serie de factores, incluidos los desechos domésticos, las aguas residuales, las descargas de corrales de engorde, el estiércol animal y la escorrentía superficial. La contaminación de aguas superficiales de fuentes generadas por humanos puede resultar en concentraciones de hasta 0,2 mg/l, mientras que las emisiones de aguas residuales pueden dar lugar a concentraciones de hasta 22 mg/l (Espinoza, 2020).

d. Fosfatos

El fosfato entra a las aguas de la superficie a través de las emisiones residuales domésticas y la escorrentía de las actividades agrícolas (pesticidas) y se considera el segundo nutriente principal debido a su capacidad para actuar como principal nutriente en las plantas, las principales fuentes contaminantes son los fertilizantes en el suelo mismos que son transportados por escorrentía superficial y subsuperficial, los residuos de animales y detergentes (Hinojoza, 2018).

Para medir este compuesto se utiliza espectrofotometría. Teniendo en cuenta que 1 g de fosfato puede causar hasta 100 g de crecimiento de algas, la concentración crítica de fosfato que causa la eutrofización está entre 0,1 mg/l y 0,2 mg/l (Putz, 2008).

e. Sólidos disueltos totales (SDT)

Son todos los minerales, sales o metales que se disuelven en agua en forma molecular, atómica, catiónica o aniónica. Las principales fuentes de SDT en el agua son las escorrentías superficiales de actividades agrícolas y residenciales (Espinoza, 2020). Los SDT integran pequeñas cantidades de materia orgánica diluida junto con sales inorgánicas como calcio, cloruro, nitratos, sodio, fosfatos y potasio (HACH, 2023). Dentro de ciertos límites, estos materiales son esenciales para el correcto crecimiento de organismos acuáticos (G. Pérez et al., 2016) citado en (Samaniego, 2019). Entre los efectos se encuentran la adsorción de contaminantes, problemas estéticos, problemas con los organismos que dependen de la luz solar, etc. (Espinoza, 2020). Una concentración de SDT demasiado alta o baja puede impedir el desarrollo de las plantas acuáticas y matar muchos organismos marinos (HACH, 2023).

Los SDT es motivo de preocupación debido a que puede causar turbidez en el agua. Esta turbidez a su vez puede afectar la fotosíntesis de los organismos acuáticos, los cuales desempeñan un papel fundamental generando oxígeno disuelto. Además, la presencia de este parámetro puede disminuir la entrada de luz solar en el agua, lo cual puede tener consecuencias negativas en los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, es importante controlar y reducir los niveles de sólidos totales para mantener la salud y el balance en los cuerpos de agua (Pérez et al., 2016).

f. Oxígeno disuelto (OD)

Es fundamental para que los organismos acuáticos respiren aeróbicamente, la cantidad de oxígeno que se consume por la descomposición de la materia orgánica aumenta con el índice de contaminantes presente en el agua (Effendi et al., 2015) citado en (Pesántez & Roldán, 2021). Se usa para determinar la probabilidad de que los organismos estén presentes o se multipliquen potencialmente (Samaniego, 2019).

La temperatura también posee un rol fundamental en la capacidad de OD ya que a temperaturas bajas indica mayores concentraciones de oxígeno y a temperaturas altas indica menos concentraciones de oxígeno (Pesántez & Roldán, 2021). La fuente principal de oxígeno es el aire, y se combina con el agua en una cantidad correspondiente a la cantidad de turbulencia en el cuerpo de agua, haciendo que el OD varíe de entre 7 a 9 mg/l (Álvarez et al., 2006).

2.6.5 Parámetros físicos del agua

a. Turbiedad

Se refiere a la capacidad de los materiales suspendidos en el agua para bloquear el ingreso de luz. Estos materiales pueden incluir arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, plancton (Severiche et al., 2013) y otros microorganismos que provocan la pérdida de claridad en un cuerpo de agua. Cuando la turbiedad es alta, el agua pierde su capacidad de ser un hábitat adecuado para diversos organismos acuáticos. Además, la alta turbiedad reduce la cantidad de luz y aumenta la

temperatura del agua disponible para la fotosíntesis, lo cual disminuye la producción de oxígeno (Samaniego, 2019).

Para medir este parámetro se utilizan turbidímetros, instrumentos que emiten un haz de luz a través de una muestra de agua en un ángulo de 90° y registran los resultados en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Se utiliza una sustancia estándar hecha de una combinación de hexametilentetramina y sulfato de hidracina para calibrar turbidímetros (Espinoza, 2020).

La turbidez afecta de manera considerable los ecosistemas, ya que las plantas acuáticas necesitan luz para realizar la fotosíntesis, por lo que la penetración de la luz es importante. La turbidez puede ser originada por diversos factores, siendo los más significativos la erosión natural en las cuencas hidrográficas, que provoca la acumulación de sedimentos en los lechos de los cursos de agua y la contaminación generada por los residuos industriales y domésticos (Sierra, 2011).

b. Temperatura

Es un parámetro fundamental en el agua, ya que se determina por la captación de los rayos del sol en la superficie del agua. Los cambios en la temperatura tienen un impacto en la solubilidad de los gases y las sales en el agua, así como en sus propiedades generales y en los procesos microbianos que ocurren en ella (Marín Galvín, 2018) citado en (Espejo & Tenelanda, 2018).

En los procesos químicos y biológicos que ocurren en el agua y en los organismos acuáticos, la temperatura es un factor importante. La solubilidad de las sales, la cantidad de oxígeno disuelto y la tasa de biodegradación en los cuerpos de agua pueden verse afectados por los cambios de temperatura. Además, dado que estas sustancias sólidas absorben la energía solar, la presencia de altas concentraciones de sólidos disueltos y suspendidos puede elevar la temperatura del agua (Effendi et al., 2015) citado en (Pesántez & Roldán, 2021).

2.6.6 Parámetros microbiológicos del agua

a. Coliformes Fecales (CF)

También conocidos como bacterias termo-tolerantes son microorganismos que son estructuralmente similares a las bacterias comunes llamadas *E. coli* que son transmitidas por medio de las bacterias que están presentes en las heces tanto humanas como animales. Existen diferentes tipos, algunos no causan daño en condiciones normales, algunos pueden incluso causar la muerte (Beltrán et al., 2013), son considerados bacilos Gram-negativos, cultivados a altas temperaturas de incubación de $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ por 24 ± 2 horas (Espejo & Tenelanda, 2018).

Las aguas servidas provenientes del hogar sin tratamiento, la escorrentía urbana y la eliminación inadecuada de desechos sólidos, son la principal fuente de coliformes fecales en los ríos (Reder et al., 2015). Los Coliforme fecales indican una posible contaminación con más organismos aún más patógenos causantes de enfermedades, como: *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio cholerae* transmitidas.

2.7 Normativa legal

2.7.1 Constitución de la República del Ecuador

La Asamblea Nacional Constituyente (2008) establece los siguientes artículos:

Art. 14.- Se acepta el derecho de la población a habitar en un entorno saludable y en equilibrio ecológico, que asegure la sostenibilidad y una vida digna, conocida como *sumak kawsay*. Se declara de interés público la protección del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la diversidad biológica y la integridad del patrimonio genético del país, así como la prevención de daños ambientales y la restauración de áreas naturales degradadas. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.13)

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: Restaurar y preservar el entorno natural, asegurando un ambiente saludable y sostenible que permita a las personas y comunidades acceder de manera justa, continua y de alta calidad al agua, aire y suelo, así como a los beneficios de los recursos subterráneos y del patrimonio natural. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.136)

Art. 318.- El agua representa un patrimonio nacional estratégico, de uso público y es propiedad inalienable e imprescriptible del Estado. Es un elemento esencial para la naturaleza y la existencia de los seres humanos. Queda prohibida cualquier forma de privatización del agua. La gestión del recurso hídrico será exclusivamente de carácter público o comunitario. El Estado, a través de la autoridad única del agua, tendrá la responsabilidad directa de planificar y gestionar los recursos hídricos destinados al consumo humano, riego para garantizar la soberanía alimentaria, el caudal ecológico y las actividades productivas, en este orden de prioridad. Todas las entidades, ya sean públicas, privadas o pertenecientes a la economía popular y solidaria, requerirán una autorización estatal para el uso del agua con fines productivos, de acuerdo con la legislación vigente. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.162)

Art. 411.- El Estado asegurará la preservación, recuperación y gestión completa de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos relacionados con el ciclo del agua. Se establecerán regulaciones para todas las actividades que puedan impactar la calidad y cantidad de agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y áreas de recarga de agua. La sostenibilidad de los ecosistemas y el uso humano serán prioritarios en el aprovechamiento y uso del agua. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.196)

2.7.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (2017) determina los siguientes artículos:

Art. 5.- El derecho de la población a habitar en un ambiente saludable. Este derecho implica la protección, conservación y restauración de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos relacionados con el ciclo del agua. (COA, 2017, p.12)

Art. 30.- Objetivos del Estado. En relación con la biodiversidad son: Implementar un enfoque completo y sistémico que tome en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales para la preservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua. (COA, 2017, p.20)

Art. 191.- En relación al monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo, la Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en colaboración con otras autoridades pertinentes, llevarán a cabo la supervisión y seguimiento, siguiendo las normas y regulaciones técnicas establecidas para este propósito. (COA, 2017, p.55)

2.7.3 Acuerdo ministerial 097a

Según el Registro Oficial, "Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente" (COA, 2017) , Acuerdo Ministerial 097a, anexo 1 del libro VI: Norma de calidad ambiental y descargas de efluentes al recurso agua, establece:

- Los principios fundamentales y los puntos de vista predominantes de la prevención y el control de la contaminación del agua.
- Normas para diversos usos de la calidad del agua.
- Límites permisibles, reglamentos y prohibiciones de descarga.

El propósito y la finalidad de esta regulación es evitar y regular la contaminación ambiental en los ríos, salvaguardando la calidad de los recursos hídricos con el fin de preservar y proteger su uso planificado, la salud humana, los ecosistemas y sus interacciones, así como el medio ambiente en su conjunto (COA, 2017).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La microcuenca de la quebrada Tres Marías comprende tres comunidades de la parroquia Turi: Patapamba (parte alta), Punta Corral (parte media) y el Cisne (parte baja), los puntos se establecieron tomando en cuenta la accesibilidad y factibilidad de ingreso para la toma de muestras, esta se realizó el 13 de enero del presente año, donde se determinó los 3 puntos de monitoreo. La tabla 5 detalla los sectores seleccionados y la figura 2 muestra las ubicaciones. Se dan las condiciones y calidades ideales para que las muestras sean comparables en cada punto establecido.

3.1.1 Comunidad el Cisne

La comunidad del Cisne con un área de 253,00 ha., se encuentra en la entrada vía a San Agustín con 8,33 km de distancia, comprende los barrios: Tres Marías, San Marcos y Tablón Bajo, se ubica junto a la autopista Cuenca-Azogues y limita al norte con la parroquia Yanuncay parte urbana de Cuenca. La comunidad del Cisne con una población de 1607 habitantes, densidad poblacional de 6,35 para el año 2020, tiende a tener una gran incidencia de la concentración concebida también por la expansión urbana (GAD TURI, 2020).

3.1.2 Comunidad de Punta corral

La comunidad de Punta corral con un área de 266,45 ha., se encuentra a una distancia de 12,46 km de distancia desde la autopista Cuenca-Azogues, comprende los barrios: Rosaspamba, Lirio, El Arbolito, La Paz, San Luis y San Carlos, limita al norte-oeste con la comunidad de Trinidad zona rural. La comunidad de Punta corral con una población de 1162 habitantes, densidad poblacional de 4,36 para el año 2020, al no encontrarse ubicada cerca de la autopista Cuenca-Azogues no tiende a tener gran incidencia de expansión urbana (GAD TURI, 2020).

3.1.3 Comunidad de Patapamba

Esta comunidad ocupa 240,92 ha., que limita al norte con la zona rural de la comunidad Ascensión, se encuentra a 6,07 km de la carretera Cuenca-Azogues. Según datos del año 2020, esta comunidad cuenta con una población de 613 habitantes y una densidad poblacional de 2,54 personas por hectárea (GAD TURI, 2020).

3.2 Microcuenca “Quebrada Tres Marías”

Está situado en la provincia del Azuay del cantón Cuenca, tiene un área de 1078,16 ha., ocupa aproximadamente el 40,40 % de toda la parroquia Turi, en esta se encuentra la quebrada Tres Marías la cual comprende una longitud principal de 6,09 km ubicada en las comunidades del Cisne, Punta corral y Patapamba de la parroquia Turi, es alimentada también por las quebradas de Mishquihuaycu y Alfahuaycu, esta se conecta con la quebrada el Solitario que es alimentada por las

quebradas de Talanquera, Mulahuaycu y Agua Santa, estas aguas se unen con las quebrada Tres María y la misma llega a desembocar en el río Tarqui (GAD DE CUENCA, 2013).

3.3 Puntos de monitoreo

Se seleccionaron tres lugares de recolección de muestras a lo largo de la microcuenca “Quebrada Tres Marías” (Figura 2). Durante cada fase de recolección, se obtuvo una sola muestra en cada lugar; los puntos de monitoreo fueron tomados por un GPS montano, a continuación, se muestra detalladamente los sectores elegidos:

Tabla 5: Descripción de los sectores seleccionados

Puntos	Descripción	Coordenadas (WGS 84 zona 17s)		Altitud (ms.n.m)
		x	y	
1	Sector de Patapamba (Quinta Davicho)	721585	9671998	2872
2	Sector de Punta corral (cancha deportiva PC)	719978	9674567	2601
3	Sector el Cisne (nueva vía al Centro de Rehabilitación Social Turi (CRST)).	719248	9676458	2552

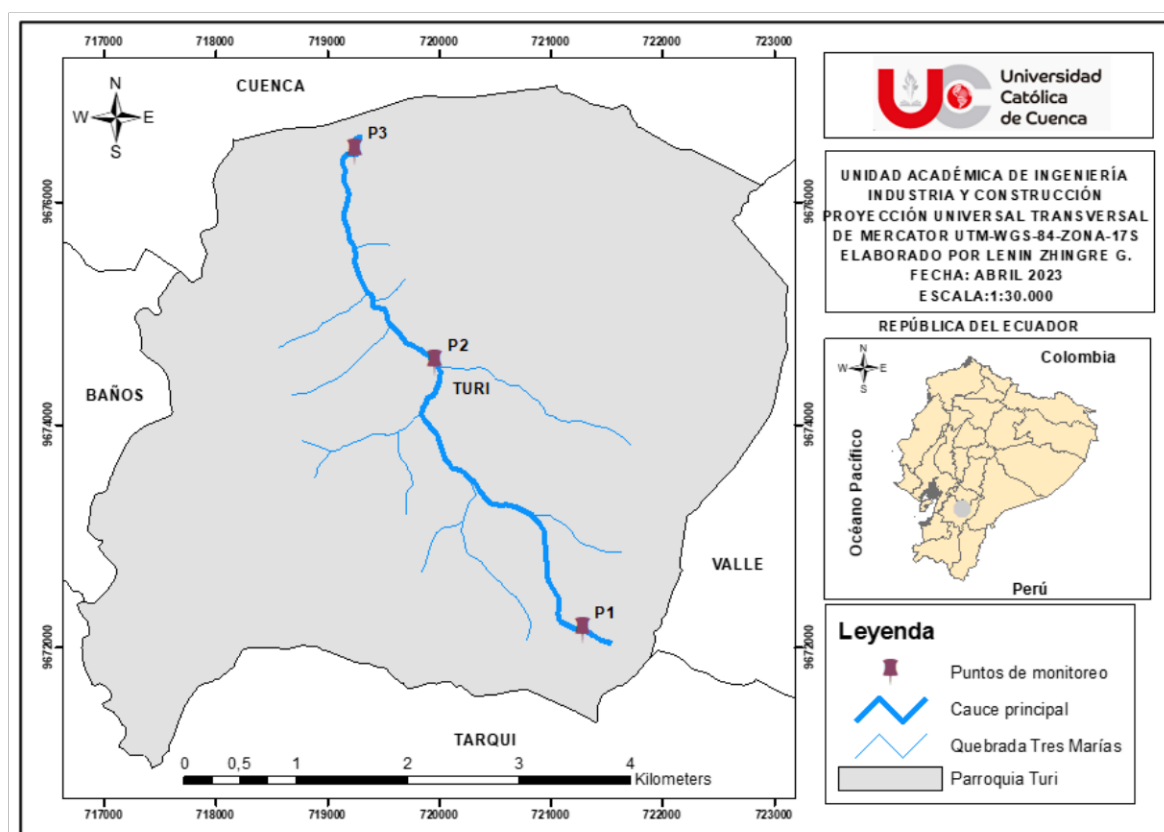


Figura 2: Ubicación de los puntos de monitoreo

3.3.1 Descripción de los puntos de monitoreo

Punto 1: Se seleccionó el punto ubicado en la comunidad de Patapamba debido a su posición elevada en la microcuenca y su condición de tener menos centros poblados, como se muestra en la figura 3 obtenida del software Google Earth. Este punto corresponde a la parte alta de la microcuenca y el nacimiento de la quebrada Tres Marías. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial posee una densidad poblacional de 2,54 p/ha. Es importante destacar que los datos recopilados en este punto pueden variar en comparación con otros puntos, debido a la limitada presencia de impactos ambientales (anexo 1).



Figura 3: Punto 1 de análisis

Fuente: Google Earth. Accedido el 21 de abril, 2023.

Punto 2: Este punto se seleccionó dada la fácil accesibilidad para la toma de muestras, además de ser uno de los puntos donde ya se va notando la actividad antropogénica, el mal manejo de uso de suelos y drenajes pluviales. Según el GAD parroquial de Turi este punto cuenta con una densidad poblacional de 4,36 p/ha., que corresponde a la comunidad de Punta Corral. En la figura 4 obtenidas del software Google Earth se va notando el incremento de viviendas cerca del recurso hídrico a distancia de 10 m.



Figura 4: Punto 2 de análisis

Fuente: Google Earth. Accedido el 21 de abril, 2023.

Punto 3: En este punto se ubica en la nueva vía en dirección a la nueva cárcel de Turi que corresponde a la comunidad del Cisne, según el GAD parroquial de Turi cuenta con una densidad poblacional de 4,36 p/ha., en este punto es más notoria la magnitud de viviendas y carreteras de segundo orden, en la figura 5 obtenida del software Google Earth se puede visualizar actividades agrícolas inapropiadas de ciclo corto y remoción de la cobertura vegetal entre otros.



Figura 5: Punto 3 de análisis

Fuente: Google Earth. Accedido el 21 de abril, 2023.

3.4 Etapas de muestreo

Se realizaron tres fases de recolección de muestras en los meses de enero y febrero de este año, con el fin de tener en cuenta las variaciones en los parámetros físico-químicos y microbiológicos durante el cambio de estaciones, desde un clima localmente nublado sin precipitaciones hasta un clima semi-húmedo con presencia de sol. En la tabla 6 se detallan las fechas y horarios de monitoreo.

Tabla 6: Fecha y hora de recolección de puntos de monitoreo

Monitoreo	Fecha	Hora Matutina (am)		
		Punto 1 (Alta)	Punto 2 (Media)	Punto 3 (Baja)
1	viernes 20 de enero 2023	8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40
2	viernes 03 de febrero 2023	8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40
3	viernes 24 de febrero 2023	8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Microcuenca "Quebrada Tres Marías".

3.5.2 Muestra

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres lugares diferentes dentro del área de estudio.

- Punto 1 (parte alta): Sector de Patapamba (Quinta Davicho).
- Punto 2 (parte media): Sector de Punta corral (cancha deportiva PC)
- Punto 3 (parte baja): Sector el Cisne (nueva vía al Centro de Rehabilitación Social Turi (CRST)).











3.6 Equipos y materiales

Se usaron equipos como: Multiparamétrico HACH-HQ30d, turbidímetro HACH 2100Q, GPS Montana 680, Espectrofotómetro HACH-DR1900 y un Conductímetro HI-991300 (Tabla 7), los equipos utilizados para el análisis en laboratorio fueron provistos por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental, ubicado en el campus "Miracielos" vía Ricaurte, perteneciente al Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca. Además, se contó con todos los insumos y equipos necesarios para realizar los análisis, como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 7: Equipos utilizados para campo y laboratorio

Equipos	Parámetro	Método	Fotografía
Termómetro digital	Temperatura (C°)	In situ (Campo)	
GPS Montana 680	Coordenadas: latitud y longitud	In situ (Campo)	
Multiparamétrico HACH-HQ30d	<ul style="list-style-type: none"> pH Oxígeno Disuelto 	In situ (Campo)	
<ul style="list-style-type: none"> Incubador Botellas de incubación 	DBO5 (mg/L)	Ex situ (Laboratorio)	
Espectrofotómetro HACH-DR1900	<ul style="list-style-type: none"> Fosfatos (mg/L) Nitratos (mg/L) 	Ex situ (Laboratorio)	
Turbidímetro	Turbidez (NTU)	Ex situ (Laboratorio)	
Método Numérico Más Probable (NMP)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Ex situ (Laboratorio)	
Conductímetro HI-991300	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Ex situ (Laboratorio)	

Tabla 8: Materiales utilizados para campo y laboratorio

Materiales	Fotografía
Agua destilada	
Gel refrigerante	
Cooler	
Botellas ambar 250 ml	
Probeta	
Pipeteador	
Tubos de ensayo	
Pipetas de: 0,1ml; 1ml; 2ml; 10 ml	
Gradilla	
Reactivos	

3.7 Tipo de muestras

Se empleó el método de muestra simple, el cual implica recoger una muestra representativa de agua de una fuente específica, como un río, lago o pozo, para su análisis posterior en un laboratorio. Se tomaron dos muestras en frascos de botellas ámbar en cada punto, lo que dio un total de seis muestras. Es de suma importancia tomar las muestras con cuidado y precisión para evitar la contaminación o alteración de las mismas, ya que esto podría afectar los resultados del análisis.

3.8 Toma y conservación de muestras

Antes del análisis, se deben cumplir los requisitos de recolección, manejo y envío de muestras para obtener resultados precisos. La confiabilidad de los resultados analíticos puede verse reducida cuando ocurren cambios durante varias etapas del proceso de muestreo como resultado de factores como la radiación y la temperatura, entre otros. (Hernández, 2016) citado en (Espinoza, 2020).

Las reacciones físicas, químicas o biológicas que afectan los resultados de algunos parámetros, como DBO5 o coliformes fecales, pueden ocurrir cuando pasa mucho tiempo entre la recolección de una muestra y su análisis en un laboratorio. Las muestras deben conservarse en nevera, dentro de un recipiente de helado, a una temperatura determinada para evitar estas reacciones (Sierra, 2011).

Se contó con la colaboración de un asistente para la toma de muestras y recopilación de información de campo, siguiendo una metodología utilizada por diversos autores e instituciones públicas. Entre los autores se incluyen Fernández & Solano (2005), Sierra (2011) y Yaguachi (2013), mientras que las instituciones de referencia son propuestas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Se como guía la norma técnica NTE INEN 2169 (2013) sobre calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, así como la NTE INEN 2176 (2013) sobre calidad del agua, técnicas de muestreo. Estas especificaciones brindan instrucciones sobre cómo recolectar, almacenar y transportar muestras de la manera correcta.

La metodología de los autores e instituciones incluye procedimientos particulares para tomar muestras de agua. Estos pasos son los siguientes:

- a) Asegurarse de que el recipiente esté completamente sumergido bajo el agua sumergiéndolo 20 cm debajo de la superficie.
- b) Se enjuaga el recipiente tres veces con el agua que se va a analizar para homogeneizarla.
- c) Se recoge una muestra de agua de 1,5 litros, cantidad suficiente realizar los análisis de los diferentes parámetros requeridos.
- d) Se etiqueta la muestra con información como el código, el lugar y la hora en que se tomó.
- e) Se conserva y transporta la muestra en una nevera portátil, manteniendo una temperatura de refrigeración entre 2 y 5°C.

3.8.1 Análisis de muestras

Se midió con equipos proporcionado por la Universidad Católica De Cuenca (UCACUE), el equipo que se utilizó para campo fue un multiparamétrico HACH HQ30d, el uso del equipo es directamente al recurso hídrico, al medir, las sondas tienen que estar 5 minutos máximo en el agua, esto se hace para que la sonda se vaya adaptando al estado climático del agua y después de este lapso capturar el parámetro.

Previamente para medir los parámetros se debe lavar las sondas del multiparamétrico con agua destilada en cada punto de muestreo para que al medir no altere en los resultados, para medir cada parámetro se deben esperar hasta que se estabilice el equipo y nos dé un valor final, para cada parámetro se hizo triplicando la medición para una mayor precisión.

La metodología utilizada para el análisis de muestras en el laboratorio varía de un laboratorio a otro; en este caso, se realizó en los laboratorios del Centro de Innovación, Investigación y Transferencia de Tecnología, o CIITT, de la UCACUE. La siguiente tabla muestra las metodologías y técnicas utilizadas en el laboratorio del CIITT, respectivamente.

Tabla 9: Metodología utilizada en los laboratorios del CIIT

Parámetro	Método	Técnica
DBO5	CIITT-PE-A010 Standard Methods, 5210 D	Respirometría a 20°C
Coliformes fecales	CIITT-PI-A015 Standard Methods, Ed.23.2017,9223 B	Fermentación de tubos a 20°C, número más probable positivos o negativos
Nitratos	CIITT-PE-A019 Standard Methods, 4500-P-E	Epectrofometría UV-Vis
Fosfatos	CIITT-PE-A019 Standard Methods, 4500-P-E	Epectrofometría UV-Vis
Sólidos Disueltos Totales	APHA 2540 C Standard Methods, 2540-C	Gravimetría
Turbiedad	CIITT-PE Turbidímetro	Turbidímetro

Fuente: (Tapia, 2021).

a. Análisis físico-químicos

Para realizar estos análisis, es imprescindible recolectar las muestras en frascos de vidrio ámbar esterilizados, la metodología INEN menciona que previamente se debe enjuagar con el agua misma donde se está tomando la muestra, y llenar el frasco después de haber enjuagado, se debe evitar que ingrese burbujas de aire y sellar bien la muestra, ya que si no cumple con este método se puede alterar los resultados, de igual manera, las muestras se deben transportar y refrigerar entre 2 a 5 grados centígrados (°C) y su tiempo máximo de conservación recomendado es de 24 horas.

- Los parámetros físico-químicos medidos in-situ (campo) son los siguientes: pH, Temperatura y Oxígeno Disuelto.
- Los parámetros físico-químicos medidos ex-situ (laboratorio) son los siguientes: DBO5, Sólidos Disueltos Totales, Turbidez, Fosfatos y Nitratos.

b. Análisis microbiológico

El parámetro microbiológico medido ex-situ es el coliforme fecal. Para la toma de muestra se debe buscar un punto seguro donde el agua tenga gran cantidad y un caudal con normalidad, se debe tomar a una profundidad de 20 cm para recolectar la muestra, como sugieren algunos autores, con la boca de la botella en contra de la corriente, no se debe exponer la muestra al ambiente, si es el caso los resultados se vuelven completamente poco confiables porque los microorganismos pueden haber sido inhibidos, se usara recipientes de vidrio esterilizados tal como se mencionó en la muestras para los análisis físico-químico, solo que para coliformes su tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis es de 8 horas.

3.9 Delimitación de la microcuenca “Quebrada Tres Marías”

Se utilizó el acceso gratuito del Sistema Nacional de Información a la cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM) así como la cartografía en formato shapefile que anteriormente proporcionaba la Universidad Católica de Cuenca. Es importante señalar que se aplicó una escala de 1:50.000 al utilizar el sistema de coordenadas UTM-WGS84-ZONA 17S. Adicionalmente, se utilizó el programa ArcGIS 10.5 para completar este proceso.

3.10 Caracterización morfométrica de la microcuenca “Quebrada Tres Marías”

Para entender y evaluar una cuenca hidrográfica de manera adecuada, es esencial realizar una detallada cuantificación de los parámetros que describen su estructura física y territorial. Esto nos permite identificar tanto los problemas presentes como los posibles futuros, así como las oportunidades y limitaciones relacionadas con sus recursos naturales. El proceso de caracterización de una cuenca inicia con la delimitación de sus límites, seguida por la medición del área de la cuenca, la pendiente promedio, la pendiente del canal principal, la forma, el tamaño y otros factores, incluido el sistema de drenaje. Estos "parámetros geomorfológicos" son cruciales para evaluar la susceptibilidad de la cuenca a desastres naturales y considerar adecuadamente esos riesgos (Ordóñez, 2011).

Para la realizar la caracterización morfométrica se utilizó el software ArcGIS y fórmulas para encontrar: área, perímetro, nivel de orden, altura máxima, altura mínima, longitud, etc., y metodología usada por Gaspari et al. (2019), y Ordóñez (2011), donde utilizan fórmulas para encontrar el factor de forma, coeficiente de compacidad entre otros, expuestos con sus respectivas tablas de rangos para poder clasificar a nuestra microcuenca estos parámetros se describe a continuación:

3.10.1 Parámetros de forma

Tabla 10: Metodología para calcular los parámetros de forma

Variable	Método	Fórmula
Área (A)	ArcGIS	-
Perímetro (P)	ArcGIS	-
Longitud axial	ArcGIS	-
Longitud del cauce principal	ArcGIS	-
Ancho	ArcGIS	$W = \frac{A}{L_a}$
		Donde: A= Superficie de la microcuenca (km ²) La= Longitud axial de la microcuenca (km)
Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)	Fórmula	$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
		Donde: Kc= Coeficiente de compacidad P= Perímetro de la microcuenca (km) A= Área de la microcuenca (km ²)
Factor de forma de Horton	Fórmula	$K_f = \frac{A}{L^2}$
		Donde: Kf= Factor de forma A= Área de la microcuenca (km ²) L= Longitud axial de la microcuenca (km)

Fuente: Elaborado por el autor a partir de (Gaspari et al., 2019).

Descripción:

Área (km²): Se define como la superficie delimitada por la cuenca.

Perímetro (km): Es la medida circunferencial alrededor de la cuenca hidrográfica.

Longitud axial (km): Es la medición en línea recta, desde la parte más alta de la cuenca hasta la más baja.

Longitud del cauce principal (km): Es la medida del río principal desde la parte más distanciada de la microcuenca hasta donde desemboca.

Ancho (km): Es la proporción del área de la cuenca a su longitud axial.

Coefficiente de compacidad de Gravelius: Es la relación entre el perímetro de una cuenca y un círculo hipotético cuya área es igual al perímetro de la cuenca.

Tabla 11: Rango de los valores de compacidad según el índice de Gravelius

Rango de Kc	Clasificación
1	Redonda
1.25	Oval Redonda
1.25 a 1.50	De oval redonda a oval alargada
1.50 a 1.75	De oval oblonga a alargada a alargad

Fuente: (Tapia, 2021).

Cuando el coeficiente (kc) se aproxima a 1, la forma del objeto es más redondeada. Esto implica que su dinámica fluvial está asociada a un mayor flujo de agua en un período de tiempo más corto. Al mismo tiempo, esto aumenta el riesgo de futuras inundaciones debido a la mayor separación entre los puntos divisorios en relación con un punto central (Bravo, 2019).

Factor de forma de Horton: Es el factor que no tiene dimensiones, muestra cómo la cuenca hidrográfica controla la concentración de la escorrentía superficial. Se cuantifica como la relación entre la longitud axial de la cuenca y el área. La siguiente tabla interpreta los datos aproximados para determinar la forma de la microcuenca.

Tabla 12: Factor de forma según Horton

Rango	Forma de la microcuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.2	Rodeando el desagüe

Fuente: (Tapia, 2021).

3.10.2 Parámetros de relieve

Tabla 13: Metodología para calcular los parámetros de relieve

Variable	Método	Fórmula
Altura Máxima (Hmáx) y altura mínima (Hmin)	ArcGIS	
Altura media (Hm)	Fórmula y ArcGIS	$Hm = \frac{\sum(hixSi)}{A}$ <p>Donde: Hi: Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel Si: Área entre las curvas de nivel A: Área total de la cuenca en Km2</p> $PM = 100 \left[\frac{H \times L}{A} \right]$
Pendiente media de la cuenca (PM)	Fórmula	<p>Donde: PM: Pendiente media (%) H: Distancia vertical entre curvas medidas (equidistancia) (km) L: Longitud total de las curvas de nivel (km) A: Superficie (km²)</p>
Curva hipsométrica adimensional	ArcGIS y Excel	Figura 6 para la representación grafica

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Gaspari et al. (2012) y Ordóñez (2011).

Descripción:

Hmáx y Hmín: Son datos de altura máxima y mínima con relaciona a las cotas de la cuenca en metros.

Altura media (Hm): Cuantifica el efecto de relieve expresando la altura en metros que viene determinada por el volumen de la cuenca en relación a su superficie.

Pendiente media de la cuenca (PM): Una cuenca hidrográfica está sujeta al proceso de degradación debido a que el poder erosivo se manifiesta en mayor o menor grado dependiendo de las pendientes. En la siguiente tabla 14 se muestra los distintos tipos de relieve de acuerdo con la clasificación de pendiente (en porcentaje).

Tabla 14: Clasificación del relieve con respecto a su inclinación

Rango	Descripción
< 4	Nulo o casi nivel
4 - 8	Ligeramente inclinada
8 -15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 - 25	Moderadamente empinada
25 - 50	Empinada
50 - 75	Muy empinada
> 75	Extremadamente empinada

Fuente: (Alcántara, 2015).

Curva hipsométrica adimensional: Esta información revela cuántos km^2 de la superficie de la cuenca se encuentran por encima de una determinada altitud.

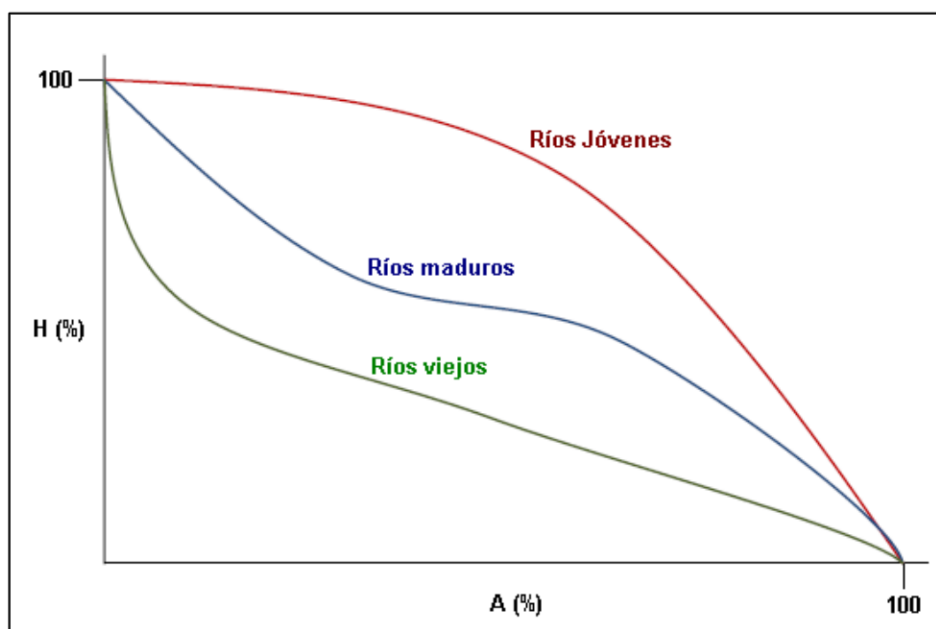


Figura 6: Forma de la curva hipsométrica según la edad del cauce

Fuente: (Ordóñez, 2011).

La curva hipsométrica muestra la relación entre la superficie y el porcentaje de altura, permitiéndonos determinar el tipo de relieve de la cuenca; por ejemplo, si es cóncavo hacia arriba (color rojo), indica que pertenece a ríos jóvenes y tiene valles amplios y picos bien diferenciados, reflejando una cuenca con un alto potencial de erosión, mientras que la curva central (color azul) representa una cuenca en equilibrio, es decir, ríos maduros, y la curva inferior final (color verde) es una cuenca sedimentaria típica, es decir, ríos viejos (Bravo, 2019).

3.10.3 Parámetros a la red hídrica

Tabla 15: Metodología para calcular los parámetros relativos a la red de drenaje

Variable	Método	Fórmula
Número de orden de la cuenca	ArcGIS	Figura 7 para la representación grafica
Densidad de drenaje (Dd) de Horton	Fórmula	$D_d = \frac{L}{A}$ <p>Donde: L= Longitud de todas las corrientes de la microcuenca en Km A= Superficie de la microcuenca en km²</p>
Tiempo de concentración (Tc) de Kiripich	Fórmula	$T_c = 0,06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$ <p>Donde: Tc= Tiempo de concentración en minutos S= Pendiente media del cauce principal (mm) L= Longitud del cauce principal (m)</p>
Longitud de drenaje (Ln)	ArcGIS	
Pendiente media del cauce principal (Sm)	Fórmula	$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \times 100$ <p>Donde: Hmax: Es la cota máxima del lecho del cauce principal en (msnm) Hmin: Es la cota mínima del lecho del cauce principal en (msnm) L= Es la longitud del cauce principal (km)</p>

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Gaspari et al. (2012) y Ordóñez (2011).

Descripción:

Número de orden de la cuenca: De acuerdo con el método de Strahler, el orden 1 está dado por un curso sin afluentes, el orden 2 está formado por la confluencia de dos cursos de orden 1 y el orden 3 está formado por la confluencia de dos cursos de orden 2.

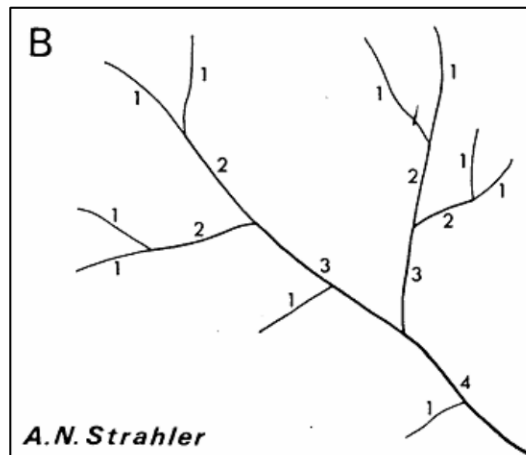


Figura 7: Orden de corrientes según Strahler

Fuente: (Ordóñez, 2011)

Densidad de drenaje de Horton: Es la que se utiliza para definirla para cada cuenca como la proporción del área de la superficie de la cuenca a la suma de todas las longitudes de sus arroyos que drenan a través de ella. Según la densidad de drenaje, habrá más escorrentía cuanto más densa sea la microcuenca (tabla 16).

Tabla 16: Valoración de la densidad de drenaje

Rango	Clasificación	Descripción Ambiental
<1.5	Bajo	Baja la escorrentía y aumenta la infiltración
1.5 a 2.5	Medio	Tendencia media de escorrentía
2.5 a 3.0	Alto	Alta tendencia a fluir a las inundaciones
>3	Muy alta	Alta tendencia a la escorrentía y a la erosión

Fuente: (Tapia, 2021)

Las densidades de drenaje bajas de Horton a menudo se encuentran en áreas con vegetación densa y topografía débil de roca resistente o suelos altamente permeables. Por el contrario, la roca fuerte o el suelo impermeable, la vegetación escasa y el terreno montañoso conducen a altas densidades de drenaje (Aguirre, 2007).

Tiempo de concentración de Kiripich: Describe la cantidad de tiempo que necesita una gota de lluvia para viajar a lo largo de toda la cuenca hasta su salida. La tabla 17 establece si Tc será: rápido, moderado o lento.

Tabla 17: Clasificación del tiempo de concentración (minutos)

Rango	Clasificación
<40	Rápido
40 a 80	Moderado
>80	Lento

Fuente: (Tapia, 2021)

Longitud de drenaje (km): Comprende todo el largo del sistema de drenaje, desde sus afluentes más pequeños hasta el cauce principal.

Pendiente media del cauce principal (Sm): Permite la identificación del comportamiento hidrológico determinado a partir de la relación entre la falta de homogeneidad entre los puntos de inicio y fin del cauce y la distancia horizontal que los conecta. La siguiente tabla indica su rango y clasificación.

Tabla 18: Clasificación de pendiente media del cauce (%)

Rango	Clases
< 10	Suave
10 a 30	Moderado
>30	Fuerte

Fuente: (Tapia, 2021)

3.11 Evaluación de Impactos Ambientales

Para llevar a cabo este objetivo, se recopila información obtenida durante los recorridos de campo (in situ) realizados en tres puntos de monitoreo. Es importante mencionar que esta información se registró en una hoja de campo que se presenta en el anexo 1. En cada punto de monitoreo, se recorrieron 900 metros para verificar todos los impactos que afectan el recurso hídrico.

Muchas actividades antrópicas generan una serie de cambios negativos que impactan de manera directa o indirectamente en varios sectores de la microcuenca "Quebrada Tres Marías, al crear una matriz de importancia, estamos identificando o priorizando los efectos más importantes para que así podamos sugerir recomendaciones y soluciones a los problemas encontrados a lo largo del recorrido y mostrar cómo los efectos se relacionan con los resultados del ICA.

3.11.1 Matriz de importancia de Conesa Fernández

Vicente Conesa Fernández introdujo la matriz de importancia en 1997. Es una metodología en la que se valoran analíticamente todos los efectos ambientales de una o más actividades en función de su importancia. Los peores comportamientos y el área más afectada se pueden resaltar utilizando esta valoración (Andrade & Carrión, 2018).

En la tabla 19 se muestra los símbolos que son proporcionados por la Guía Metodológica de Evaluación de Impacto Ambiental para la valoración cualitativa del impacto ambiental, estarán conformadas en total por 11 símbolos.

Tabla 19: Criterios para valorar los Impactos Ambientales

Parámetro	Valoración	Descripción
Benéfica	+	Indica si el impacto es beneficioso (+) o perjudicial (-)
Perjudicial	-	
Intensidad (IN)		El término se refiere a la medida en que un factor influye en ese factor en un área particular en la que opera.
Baja	1	
Media	2	
Alta	4	
Muy alta	8	
Total	12	
Extensión (EX)		Las extensiones son propiedades que reflejan la parte de los medios afectados por la operación de un elemento.
Puntual	1	
Parcial	2	
Extenso	4	
Total	8	
Crítico	12	
Momento (MO)		Es el lapso de tiempo que transcurre desde el inicio de una acción y el comienzo de su impacto.
Largo plazo	1	
Mediano plazo	2	
Inmediato	4	
Crítico	8	
Persistencia (PE)		Hace referencia al tiempo que transcurrirá después de que se haya producido la hipotética ejecución.
Fugaz	1	
Temporal	2	
Permanente	4	
Reversibilidad (RV)		Se refiere a la posibilidad de reconstrucción de los factores afectados, es decir, la posibilidad de volver al estado inicial anterior a la acción de forma natural.
Corto plazo	1	
Mediano plazo	2	
Irreversible	4	
Sinergia (SI)		La sinergia se refiere a la interacción de dos o más causas que producen un efecto conjunto que es mayor que la suma de los efectos individuales.
Sin sinergismo	1	
Sinérgico	2	
Muy sinérgico	4	
Acumulación (AC)		Esto da la idea de un aumento gradual en el rendimiento del efecto a medida que la acción que produce el efecto continúa o se repite.
Simple	1	
Acumulativo	4	
Efecto (EF)		Se refiere a la manifestación de un efecto sobre un factor como resultado de una acción.
Indirecto	1	
Directo	4	
Periodicidad (PR)		Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el efecto, el cual puede ser continuo (la acción que lo produjo se mantiene constante en el tiempo), o discontinuo (la acción que lo produjo ocurre regularmente).
Irregular	1	
Periódico	2	
Discontinuo	4	
Recuperabilidad (RC)		Se refiere a la posibilidad de la reconstrucción total o parcial de los factores afectados, es decir, la posibilidad de restauración al estado inicial antes de la acción por la intervención humana.
inmediatamente	1	
mediano plazo	2	
mitigable	4	
Irrecuperable	8	




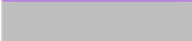

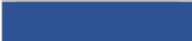


Fuente: Elaborado por el autor a partir de Conesa (2010).

Una vez identificado los impactos ambientales, se emplea la matriz de importancia desarrollada por Vicente Conesa Fernández en 2010. Este método consiste en asignar un valor cualitativo de importancia a cada impacto ambiental relacionado con una o más actividades. Mediante esta valoración, se pueden resaltar las acciones más significativas y las áreas más afectadas (Conesa, 2010). Esta se identifica mediante la siguiente ecuación:

$$I = N(\pm) [3IN + 2EX + MO + PE + SI + PR + AC + EF + RV + MC] \quad (1)$$

La importancia del impacto obtiene valores que oscilar entre 13 y 100, dependiendo de la evaluación, en la tabla 20 se muestra la clasificación que obtendrá en impacto dando una categorización de irrelevante, moderado, severo y crítico (Espinoza, 2020). Esta nos indicará que impacto serán los más críticos que en el caso de que exista o los que más relevancia tengan en el área que se está analizando.

Tabla 20: Jerarquización de impactos

Categoría de impactos negativos			Categoría de impactos positivos		
Rango	Clasificación	Color	Rango	Clasificación	Color
1 ≤ 25	Irrelevante		1 ≤ 25	Crítico	
25 ≤ 50	Moderado		25 ≤ 50	Severo	
50 ≤ 75	Severo		50 ≤ 75	Moderado	
75 > 100	Crítico		75 > 100	Irrelevante	

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Conesa (2010).

3.12 Metodología para el cálculo del índice (ICA-NSF)

3.12.1 Parámetros establecidos por el modelo NSF de calidad del agua

El ICA-NSF plantea 9 parámetros para determinar la calidad del agua, la misma que categoriza el grado de contaminación indicando el estado en el que se encuentra cuerpo hídrico mediante una clasificación de; muy mala, mala, mediana, buena y excelente calidad.

a. *Parámetros establecidos*

- Fosfatos (mg/l)
- Temperatura (°C),
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (mg/l)
- Oxígeno Disuelto (mg/l)
- Nitratos (mg/l)
- Sólidos Disueltos Totales (mg/l)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Turbiedad (NTU)
- Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

3.12.2 Cálculo del índice de calidad del agua

Se empleó el método aditivo o promedio aritmético ponderado para calcular el índice ICA-NSF. Este enfoque implica contar con los resultados de los análisis de laboratorio de todos los parámetros. Según Landwehr y Denninger (1970) citados en Espinoza (2020), las variaciones representadas por el ICA permiten tomar decisiones informadas, ya que reflejan con mayor precisión los cambios en la calidad del cuerpo de agua.

El ICA aritmético ponderando se basa en la suma de valores ponderados de diferentes parámetros, donde cada parámetro se puntúa individualmente y luego se suma los resultados, se utilizó este método por su simplicidad, la cual, brinda de manera sencilla y fácil la calidad del agua, y su comparabilidad, donde, compara la calidad del agua en diferentes lugares y momentos (P. Torres et al., 2009).

Para calcular el ICAa-NSF, se asignan la siguiente ecuación:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^{n=9} Qi * Wi \quad (2)$$

Donde:

- ICAa: índice de Calidad de agua aritmético ponderado
- i: Corresponde a cada parámetro
- Qi: Subíndice del Parámetro i
- Wi: Pesos relativos

Para encontrar el valor del ICA, hay que reemplazar los valores en la ecuación 2, los Subíndices de los parámetros se obtiene mediante graficas que se expondrán a continuación, estos valores es la exponencial de los pesos relativos (Wi) que se presentan en la tabla 21 y se tendrá que multiplicar los 9 parámetros establecidos para llegar al valor del ICA.

La tabla 21 se clasifica el ICA NSF en diferentes categorías según la calidad del agua, color y valor de rango, estos se muestras a continuación:

Tabla 21: Clasificación del estado del agua en base a resultados del ICA

Rango	Calidad	Color
0 - 25	Muy Mala	Aguas fuertemente contaminadas
26 - 50	Mala	Aguas muy contaminadas
51 - 70	Media	Aguas moderadamente contaminadas
71 - 90	Buena	Aguas ligeramente contaminadas
91 - 100	Excelente	Aguas muy limpias

Fuente: (Fernández & Solano, 2005b)

Tabla 22: Pesos relativos asignados para cada parámetro

Parámetro	Wi	Importancia
Oxígeno Disuelto	0.17	Para la vida acuática.
pH	0.11	Para vida acuática y consumo humano.
DBO5	0.11	Las sustancias orgánicas biodegradables limitan el consumo humano de agua.
Nitratos	0.10	Determinar el riesgo de eutrofización y de consumo.
Coliformes Fecales	0.16	Restricción de agua potable para consumo.
Temperatura	0.10	Para los organismos acuáticos y consumo humano.
Turbiedad	0.08	Limitar para el consumo humano.
Sólidos Disueltos Totales	0.07	Limitar para el consumo humano.
Fosfatos	0.10	Determinar el nivel de eutrofización.

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Torres et al. (2009).

a. Subíndices para cada parámetro

Para el cálculo de los subíndices se requieren valores fisicoquímicos y microbiológicos determinados previamente en in situ y en laboratorio. Cada parámetro está asociado a una curva normalizada o curva de concentración relacionada con su valor. A partir de cada valor de parámetro (i), el valor de índice correspondiente (Qi) se determina mediante una curva, donde el eje x (abscisas) muestra los diferentes niveles de la variable especificada y el eje (ordenadas) muestra los niveles de calidad del agua o valores de índice que van de 0 a 100 (Cárdenas, 2020), esta demuestra que el cambio en la calidad del agua es consecuencia de las variables del grado de contaminación (Torrez, 2018).

Carrillo & Urgilés (2016) indican las generalidades a seguir para calcular el subíndice en cada parámetro que se indican a continuación; los gráficos de las curvas de expresión se indican en el anexo 3.

1. Si el valor de DBO5 es mayor a 30 mg/l, el valor de subíndice (Qi) es igual a 2. En caso de que sea menor a 30 mg/l, se busca el valor correspondiente en el eje X y se realiza una interpolación para determinar el valor en el eje Y. El valor obtenido (Qi) corresponde a la DBO5 y luego se multiplica por su peso relativo (Wi). Esta información se puede observar en la figura 25.
2. Para calcular el porcentaje de saturación, se utiliza la fórmula que se muestra en las figuras 26 y 27. El valor de saturación de OD se determina según la altitud y la temperatura. La fórmula permite obtener el porcentaje de saturación en OD:

$$O.D \% Sat = \frac{O.D}{O.D_{sat}} * 100 \quad (3)$$

Donde:

O.D: es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l)

O.Dsat: es el oxígeno disuelto expresado en la figura 26 (mg/l)

Si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD) es superior al 140, el valor del subíndice (Qi) es igual a 50. En caso de que sea inferior al 140, se busca el valor correspondiente en el eje X y se interpola para obtener el valor correspondiente en el eje Y. El valor resultante, denominado (Qi), se multiplica por su peso relativo (Wi).

3. Si el pH es inferior a 2 o más de 12 unidades el (Qi) va tener un valor de 0, si está dentro del rango se encuentre el valor en el eje X e inserte el valor del eje Y. (Qi) va ser el valor encontrado del pH, y luego continúa multiplicándose con el peso relativo (Wi). Representación gráfica figura 28.
4. Si el valor de turbiedad es mayor a 100 NTU (Qi) será 5, si es menor a 100 NTU, se encuentra el valor en el eje X y luego interpolar el valor a través del eje Y. (Qi) será el valor de la turbidez, y lo multiplicaremos con el peso relativo (Wi). Representación gráfica figura 29.
5. Si el valor de fosfato es superior a 10 mg/l entonces (Qi) es igual a 2, si es inferior a 10 mg/l, encuentre el valor a lo largo del eje X, luego interpole el valor a lo largo del eje (Y). El valor encontrado es (Qi) y lo multiplicamos por su peso relativo (Wi). Representación gráfica figura 30.
6. Si el valor de nitrato es superior a 100 mg/L (Qi) será igual 1, si es inferior a 100 mg/L, se encuentra el valor en el eje X y continúe interpolando hasta llegar al valor del eje Y. El valor encontrado de nitratos (Qi) será multiplicando por el respectivo peso relativo (Wi). Representación gráfica figura 31.
7. Para determinar el subíndice (Qi) correspondiente a la temperatura, se calcula la diferencia de temperatura de la muestra y ambiente. El valor de (Qi) se establece en 5 si esta discrepancia es superior a 15 grados centígrados. Si la temperatura es inferior a 15°C, se encuentra el valor correspondiente en el eje X y se interpola para producir el valor correspondiente en el eje Y. El resultado obtenido para la temperatura (Qi) se multiplica por su peso relativo (Wi). La representación gráfica de este proceso se encuentra en la figura 32.
8. En el caso de los coliformes fecales, si su valor es superior a 10⁵ NMP/100 ml, el subíndice (Qi) se establece en 2. El valor es inferior a 10⁵ NMP/100 ml, el dato se encuentra en el eje X y se interpola en el eje Y. El valor (Qi) se multiplica por el peso relativo (Wi). La representación gráfica de este cálculo se muestra en la figura 33.
9. El subíndice (Qi) se establece en 20 si la concentración de sólidos disueltos totales es superior a 500 mg/l. El valor correspondiente se sitúa en el eje X y se interpola su posición en el eje Y si es inferior a 500 mg/l. El valor obtenido para los SDT (Qi) se

multiplica por el peso relativo (Wi). La representación del cálculo se encuentra en la figura 34.

Sin embargo, para una mejor exactitud en el factor de escala (Qi) se presenta el ajuste de curvas para determinar dicho factor, este se realizó mediante fórmulas revisadas por el autor (Hernández et al., 2016) que se detallan a continuación:

Tabla 23: Determinación del subíndice para cada parámetro

Parámetro	Unidad	Función de subíndice
Saturación de oxígeno disuelto	%	$Q_{OD} = 3,1615 * 10^{-8}(OD\%)^5 - 1,0304 * 10^{-5}(OD\%)^4 + 1,0076 * 10^{-3}(OD\%)^3 - 2,7883 * 10^{-2}(OD\%)^2 + 8,4068 * 10^{-1}(OD\%) - 1,6120 * 10^{-1}$ $1 \leq CF \leq 10$ $Q_{CF} = -10,12\text{Ln}(CF) + 95,986$ $10 < CF \leq 100$ $Q_{CF} = 111,86\text{Ln}(CF) - 0,194$ $100 < CF \leq 1000$ $Q_{CF} = -10,34\text{Ln}(CF) + 92,777$ $1000 < CF \leq 10000$ $Q_{CF} = 1 * 10^{-7}(CF)^2 - 0,0024(CF) + 23,308$ $10000 < CF \leq 100000$ $Q_{CF} = -3,072 \ln(CF) + 38,331$
Coliformes fecales	NMP/100mg/l	
pH	pH	$Q_{pH} = -0,1789(\text{pH})^5 + 3,7932(\text{pH})^4 - 30,517(\text{pH})^3 + 119,75(\text{pH})^2 - 224,58(\text{pH}) + 159,46$ $\text{pH} \leq 7,5$ $Q_{pH} = -1,11429(\text{pH})^4 + 44,50952(\text{pH})^3 - 656,60000(\text{pH})^2 + 4215,34762(\text{pH}) - 9840,14286$ $\text{pH} > 7,5$
DBO5	mg/l	$Q_{DBO} = 1,8677 * 10^{-4}(DBO)^4 - 1,6615 * 10^{-2}(DBO)^3 + 5,9636 * 10^{-1}(DBO)^2 - 1,1152 * 10^1(DBO) + 1,0019 * 10^2$
Nitratos	mg/l	$Q_N = 3,5603 * 10^{-9}(N)^6 - 1,2183 * 10^{-6}(N)^5 + 1,6238 * 10^{-4}(N)^4 - 1,0693 * 10^{-2}(N)^3 + 3,7304 * 10^{-1}(N)^2 - 7,5210(N) + 1,0095 * 10^2$
Fosfatos	mg/l	$Q_P = 4,67320 * 10^{-3}(P)^6 - 1,61670 * 10^{-1}(P)^5 + 2,20595(P)^4 - 1,50504 * 10^1(P)^3 + 5,38893 * 10^1(P)^2 - 9,98933 * 10^1(P) + 9,9831 * 10^1$
Temperatura	°C	$Q_{\Delta T} = 1,9619 * 10^{-6}(\Delta T)^6 - 1,3964 * 10^{-4}(\Delta T)^5 + 2,5908 * 10^{-3}(\Delta T)^4 + 1,5398 * 10^{-2}(\Delta T)^3 - 6,7952 * 10^{-1}(\Delta T)^2 - 6,7204 * 10^{-1}(\Delta T) + 9,0392 * 10^1$
Turbiedad	NTU	$Q_T = 1,8939 * 10^{-6}(T)^4 - 4,9942 * 10^{-4}(T)^3 + 4,9181 * 10^{-2}(T)^2 - 2,6284(T) + 9,8098 * 10^1$
Sólidos Totales	mg/l	$Q_{ST} = -4,4289 * 10^{-9}(ST)^4 + 4,650 * 10^{-6}(ST)^3 - 1,9591 * 10^{-3}(ST)^2 + 1,8973 * 10^{-1}(ST) + 8,0608 * 10^1$

Fuente: (Hernández et al., 2016)

3.13 Criterio de calidad del agua establecidos por el Acuerdo ministerial 097a

Con los resultados obtenidos en campo y laboratorio de los análisis físico químicos y microbiológicos se compara resultados con la normativa vigente, donde, establece límites máximos permisibles para cada parámetro expuestos, los criterios a comparar se exponen a continuación:

- Tabla 1 expuesta en el Acuerdo ministerial 097a: “Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, antes de su tratamiento para hacerla potable”.
- Tabla 2 expuesta en el Acuerdo ministerial 097a: “Criterios de calidad aceptables para la preservación de la vida acuática y la vida silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios”.
- Tabla 5 expuesta en el Acuerdo ministerial 097a: “Criterios de calidad para aguas utilizadas en actividades pecuarias”.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Delimitación de la microcuenca "Quebrada Tres Marías"

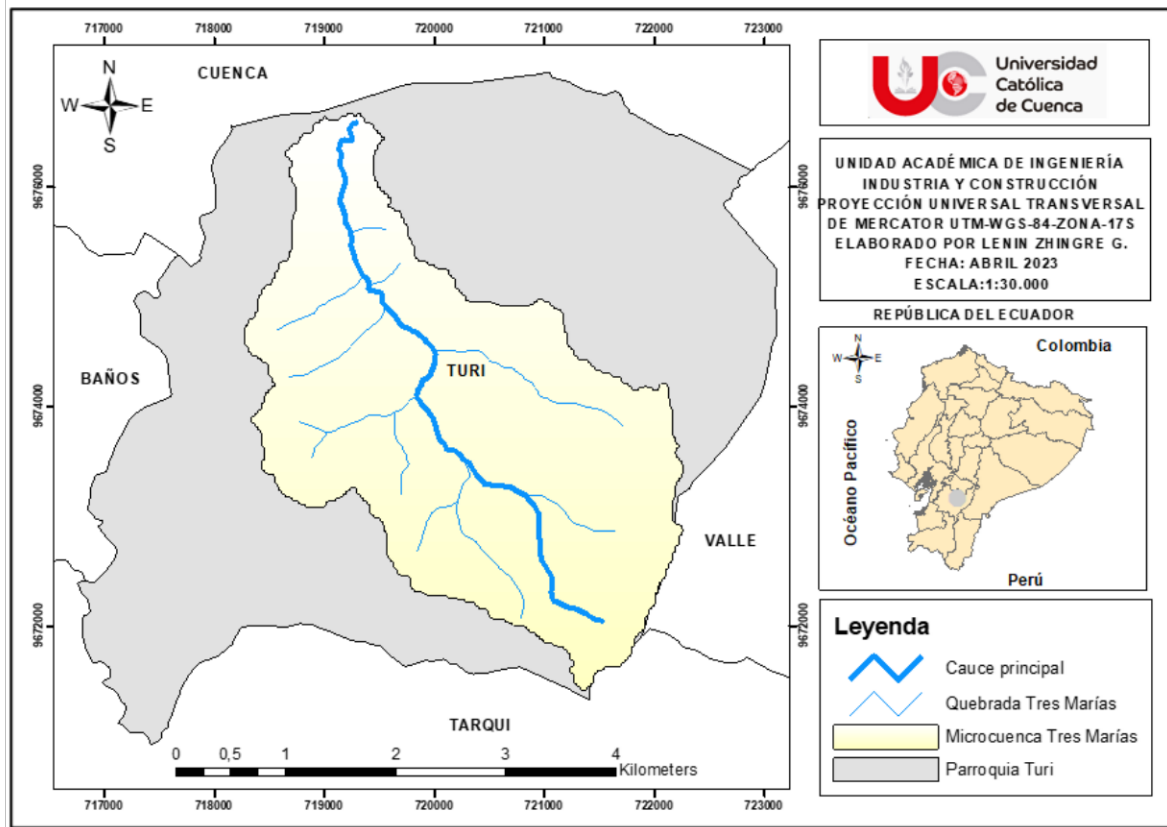


Figura 8: Mapa de la microcuenca delimitada

Según la categorización del Ministerio del Ambiente (2002), el Ecuador se conforma por 79 cuenca hidrográficas en la cual 72 son de vertientes en el pacífico y 7 son de vertiente en las amazonas. La microcuenca de la Quebrada Tres Marías, cuyas redes hídricas y cauce principal desembocan en el río Tarqui, forma parte de la cuenca del río Santiago y la subcuenca del río Zamora. Estas aguas son parte de las vertientes amazónicas y abarcan una extensión territorial de 131,73 km², lo que equivale al 51,38% de todo el territorio ecuatoriano. En el contexto de esta extensa área, la microcuenca de la Quebrada Tres Marías representa aproximadamente el 4,20% de las aguas amazónicas.

4.2 Caracterización morfométrica de la microcuenca "Quebrada Tres Marías"

4.2.1 Parámetros de forma

Tabla 24: Resultados del parámetro de forma de la microcuenca.

Variable	Valor	Clasificación
Área	10,78 km ²	-
Perímetro	17,48 km	-
Longitud axial	5,73 km	-
Longitud del cauce principal	6,10 km	-
Ancho	1,88 km	-
Coefficiente de compacidad	1,49	De oval redonda a oval alargada
Factor de forma de Horton	0,33	Ligeramente alargada

Según la clasificación de Campos (1998), se consideran microcuencas con rangos de áreas menores a 20 km² (muy pequeñas) a mayores de 5000 km² (muy grandes). Sin embargo, Faustino & Jiménez (2000) clasifican microcuencas a las áreas que este dentro de 10 a 500 km²., mayores a este valor son considerados cuencas y subcuencas.

El área total que abarca la microcuenca de la "Quebrada Tres Marías" comprende un total de 10,78 km² y su perímetro aborda los 17,48 km., lo que se considera una microcuenca muy pequeña. La parroquia Turi posee un área total de 26,68 km² esto llevaría a ocupar la microcuenca un porcentaje del 40,40% el total de toda la superficie parroquial. A la vez Verdugo (2017) menciona que las microcuencas con dimensiones inferiores a 20 km² es decir microcuencas muy pequeñas, tiene la mínima capacidad para recolectar agua.

El ancho de la microcuenca se obtuvo un resultado de 1,88 km., esta se relaciona en función al factor de forma de la microcuenca, misma que se obtuvo un total de 0,33 clasificándola como una microcuenca ligeramente alargada, comparándola con el coeficiente de compacidad la cual se obtuvo un resultado de 1,49 la clasifica como redonda a oval alargada, que quiere decir esto, según la tabla de clasificación de Verdugo (2017), el índice de Gravelius para una interpretación ambiental, la microcuenca de la Quebrada Tres Marías se presenta como una mediana tendencia a sufrir problemas de inundaciones.

Tapia (2021) y Zhicay (2020) argumentan que las microcuencas hidrográficas de forma alargadas o ligeramente alargadas son muy vulnerables a los principales peligros de inundaciones durante los períodos de lluvia intensa o prolongada.

4.2.1 Parámetros de relieve

Tabla 25: Resultados del parámetro de relieve de la microcuenca.

Variable	Valor	Clasificación
Altura máxima	3040 msnm	-
Altura minina	2560 msnm	-
Altura media	2733,09 msnm	-
Pendiente media de la microcuenca	29,72 %	Empinada

La microcuenca de la quebrada Tres Marías presenta una altura máxima de 3040 y una mínima de 2560 ms.n.m, con una pendiente media del 29,72% categorizándola empinada en el rango de clasificación de (Alcántara, 2015). Por lo tanto, Verdugo (2017) en su estudio menciona que las pendientes más pronunciadas contribuyen a la escorrentía superficial incrementando la cantidad de agua en la ladera, lo que significa menores tasas de infiltración, reduciendo las aguas subterráneas y los acuíferos, es decir, la microcuenca de la quebrada Tres Marías al tener una pendiente empinada va favorecer a que las aguas de lluvia drenen en un menor tiempo de concentración favoreciendo a la red de drenaje principal.

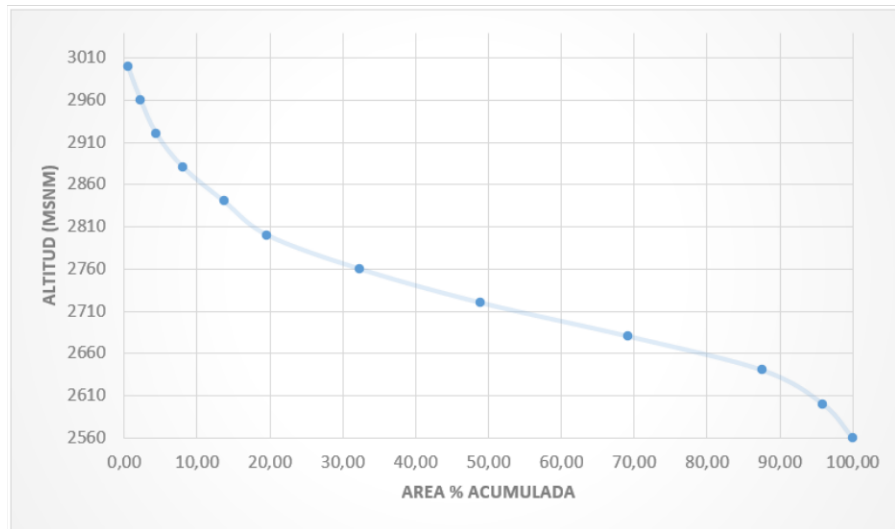


Figura 9: Curva hipsométrica de la microcuenca “Quebrada Tres Marías”

La curva hipsométrica de la microcuenca “Quebrada Tres Marías”, por medio la cual logra determinar el tiempo de erosión y el estado de evolución en el que se encuentra la microcuenca (Tapia, 2021), en comparación con el modelo de Strahler (fig.3) la cual permite correlacionar las áreas y elevaciones que cambian con el tiempo a medida que una cuenca o microcuenca sufre procesos de erosión (Cruz et al., 2015), se determinó que la curva hipsométrica de la microcuenca “Quebrada Tres Marías” se encuentra en un estado de equilibrado, es decir, en su fase de madura la cual no presenta gran potencial erosivo.

Los ríos maduros son afluentes con poca pendiente y fluye muy lentamente en comparación con ríos jóvenes. Es alimentado por numerosos afluentes, presentando extensos cauces erosionables (Rizo et al., 2011). Según (Rabanal, 2018) en su investigación, dice que, durante la madurez, Los ríos aumentan su anchura, creando pequeñas zonas llanas que pueden dar lugar a inundaciones y suaves curvas (meandros).

4.2.1 Parámetros a la red hídrica

Tabla 26: Resultados del parámetro de la red hidrográfica

Variable	Valor	Clasificación
Jerarquización fluvial	3	-
Densidad de drenaje	1,53 km / km ²	Tendencia media de escorrentía
Tiempo de concentración	178,36 min	Lento
Longitud total del drenaje	16,45 km	-
Pendiente media del cauce principal	5 %	Suave

La microcuenca de la quebrada Tres Marías conforma 22 corrientes naturales de agua, más o menos continuas, la longitud total del cauce principal fue medida por medio de la suma total de las corrientes de agua y arroyos muy pequeños denominados perennes o intermitentes según la época del año, dando resultado total de 16,45 km.

La microcuenca se caracteriza por tener aguas perennes, es decir, el flujo constante de agua mantiene una alimentación continua. Su cauce principal mediante la aplicación de Strahler se determina como de hidrográfica de orden 3 (ver fig. 10), según el estudio de Faustino & Jiménez (2000) son considerados microcuencas los cauces de orden 1,2 y 3.

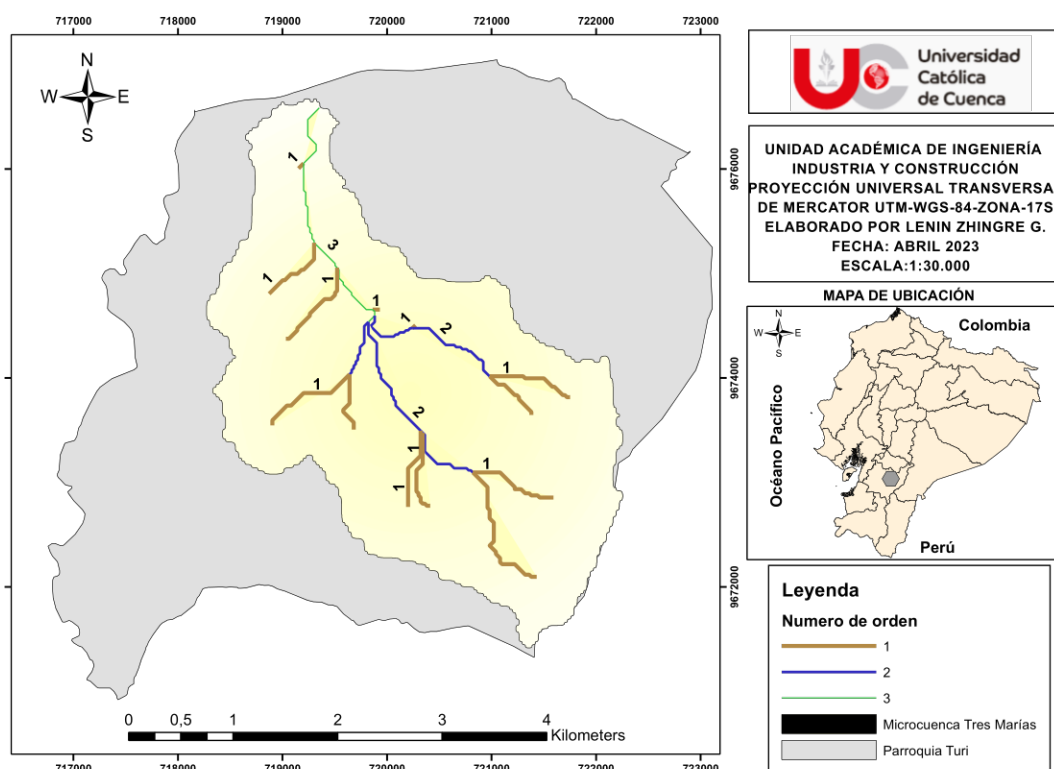


Figura 10: Mapa de Jerarquización hidrográfica por el método de Strahler

El cauce principal de la quebrada Tres Marías presenta una pendiente media del 5%, lo que lo clasifica como un cauce con pendientes suaves. A diferencia de los cauces con pendientes pronunciadas, que generan un aumento en la velocidad del agua a lo largo de la cuenca, lo que conlleva procesos erosivos y de arrastre de material (Tapia, 2021).

La densidad de drenaje se clasifica según el método de Horton en categoría media, con 1,53 km/ km², interpretando de manera ambiental como tendencia media a escorrentías según se plantea en la tabla 26. Gaspari et al. (2012) menciona que cuando la densidad de drenaje es baja, se debe a la existencia de elementos geológicos fuertes y resistentes a la corrosión y a la disponibilidad de materiales permeables como arena y/o grava, la cual no sería el caso de la microcuenca "Quebrada Tres María" ya que no posee ninguna de estas características.

El tiempo de concentración del cauce principal de la microcuenca indica que una gota de lluvia demoraría en recorrer 2,97 horas., hasta el final del cauce, denominándola "lento", lo cual es notable en la forma de la microcuenca, al ser alargada se considera propensa a inundaciones, sin embargo, Mantilla et al. (1998) en su estudio aclara que debido a los diferentes tiempos de concentración, estas correlaciones no son estrictamente ciertas ya que la concentración son variados y depende principalmente de fuertes precipitaciones. Cuando el tiempo de concentración es mínima aumenta la escorrentía superficial, disminuye la infiltración y cambia el flujo subsuperficial (Verdugo, 2017).

4.3 Evaluación de impactos ambientales

Mediante el recorrido en los tres puntos de monitoreo, se recolecto información mediante las observaciones directas en el campo, examinando las diversas formas en que se utiliza y gestiona el recurso natural en ese lugar. Dentro de la microcuenca "Quebrada Tres Marías" se identificaron principales actividades que influyen el recurso hídrico, estas actividades se les proporcionara una estimación cuantitativa del impacto que causan. A continuación, se indica los problemas ambientales de mayor relevancia dentro de la microcuenca. Los registros fotográficos se ubican en el anexo 8.

1. Asentamientos humanos: Se presenció la notoria evidencia de varias viviendas cerca de las laderas de la quebrada, según datos del GAD parroquial, se estima que, de las tres comunidades que conforma la microcuenca el 59 % de viviendas no poseen un sistema de alcantarillado, dialogando con algunos moradores afirman que ciertas familias no poseen dicho servicio, siendo necesario el uso de pozos sépticos, lo cual incrementa la contaminación de la quebrada por infiltración y alterando la calidad de vida (ver Fig. 39).
2. Residuos sólidos: es un problema que afecta a varias parroquias rurales, y Turi no es una excepción. En el recurso hídrico se observa la presencia de diversos residuos como plásticos, hierro, maderas, neumáticos y animales en estado de descomposición, así como desechos de construcción, entre otros. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial, en algunas comunidades no existen sistemas de recolección de basura ni una gestión adecuada de los mismos, lo cual

lleva a que algunos habitantes opten por depositarlos en el recurso hídrico o quemarlos (ver Fig. 40).

3. Agricultura: es otra de las actividades notorias en la zona de estudio, la mayoría de cultivos son de ciclo corto donde se siembran en pequeñas parcelas de 50*50 m², en la cual, muchos de estos sembríos son de: maíz, papas, vegetales, legumbres, hortalizas, plantas frutales como tomate de chupar, durazno, entre otros. Según Espinoza (2020), menciona que la población cercana a la quebrada emplea ampliamente la siembra de pasto y alfalfa, utilizando el agua de la quebrada como fuente de riego. Sin embargo, la falta de conocimiento y prácticas agrícolas inadecuadas tienen un impacto negativo en la estabilidad del medio ambiente (ver fig. 41).
4. Cambio de uso de suelos: mediante los recorridos de campo existe una gran cantidad de vegetación arbustiva, herbácea y pastizales que han sido removidas para diferentes usos como creación de carreteros, caminos vecinales, canchas deportivas, parques, entre otros (ver fig. 42).
5. Ganadería: se evidencio alta actividad ganadera, siendo una de las principales labores practicadas por los habitantes, gran cantidad de ganado como vacuno, ovino y equino, mismos que generan problemas de erosión al suelo y a las riberas de la quebrada, la crianza y producción de animales menores como porcino y perdida de pastizales para consumo animal son contaminantes directos para la calidad del agua mediante el transporte de heces fecales por escorrentías superficiales (ver fig. 43).
6. Drenajes pluviales y aguas residuales: son problemas ambientales que se encuentra tanto en zonas urbanas como rurales, los drenajes pluviales son sistemas de infraestructura que se encontró durante el recorrido de campo ya que estos transporta grandes volúmenes de agua con sedimentos al cuerpo hídrico en época de precipitaciones altas, al igual que las aguas residuales pues, no cuentan con ninguna planta de tratamiento por lo que, son vertidos a la quebrada con una elevada concentración de nutrientes y materia orgánica, lo que puede llegar a ocasionar un excesivo crecimiento de algas y bacterias, malos olores y alterando la calidad del agua (ver fig. 44).
7. Biota: en la parte florística se encontraron problemas en todas las partes ribereñas de la quebrada, plantas invasoras como; el plumero de pampa, Susanita, entre otros, que son plantas que pueden desplazar a las especies autóctonas, compitiendo por recursos como el agua, la luz y nutrientes del suelo, afectando negativamente a la fauna, ya sea mediante la reducción de hábitat o disminución de los recursos alimenticios (ver fig. 45).

4.3.1 Matriz de Significancia del Impacto Ambiental basada en Conesa Fernández

La matriz de importancia de Conesa Fernández proporciona una evaluación de los impactos ambientales generales causados por las actividades en el área de estudio. Estos impactos se clasifican según su significativa influencia en el medio ambiente. Aquellos impactos representados en color rojo, azul claro, verde y oro claro indican un impacto negativo en el medio ambiente o en el área de estudio, mientras que los representados en color naranja oscuro indican un impacto positivo. A continuación, se presenta en la tabla 27 una lista de los impactos evaluados junto con su categorización correspondiente.

Tabla 27: Matriz de importancia de los impactos identificados

Aspecto ambiental		Valoración de impactos												Importancia	Categoría
Componente	Impacto	Signo	IN	EX	MO	PE	RV	SI	RC	AC	EF	PR			
Suelo	Cambios en el uso de suelos para creación de estructuras recreacionales, caminos vecinales y carreteros.	-1	2	4	1	4	4	1	4	1	4	1	-34	Moderado	
	Alteración de la cobertura vegetal por actividades ganaderas y agrícolas inapropiadas.	-1	12	8	4	4	2	2	4	4	4	2	-78	Crítico	
	Pérdida de la humedad natural por compactación de suelos.	-1	4	2	2	4	4	1	8	1	4	1	-41	Moderado	
	Deterioro en la sección transversal de la quebrada por erosión de laderas.	-1	4	2	8	4	4	1	8	1	4	1	-47	Moderado	
	Cambio en las características físico-químicas del agua por materia orgánica en descomposición generando mal olor.	-1	8	4	8	1	2	2	1	1	4	2	-53	Severo	
Agua	Alteración en las propiedades físicas-químicas del agua por descargas de aguas residuales de camales porcino.	-1	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	-76	Crítico	
	Alteración del ecosistema acuático y terrestre por presencia de residuos sólidos inorgánicos y orgánicos directos en el recurso hídrico y en orillas.	-1	12	8	8	4	2	2	2	1	4	2	-77	Crítico	
	Alteraciones microbiológicas (coliformes fecales) del agua por criadero de animales domésticos como: cerdos, vacas y caballos.	-1	8	12	4	4	4	4	2	4	1	2	-73	Severo	
	Decrecimiento de la cantidad de agua superficial por contaminación.	-1	2	1	2	2	2	1	4	1	4	1	-25	Irrelevante	
	Equilibrio ecológico por la comparecencia de avifauna como colibríes, tórtolas, mirlos, gorrión chingolo, entre otros.	1	12	12	8	2	4	4	1	4	4	4	91	Irrelevante	

Biótico	Equilibrio ecológico por permanencia de plantas nativas como el sauce, capulí, nogal, aguacate, entre otros.	1	12	8	4	4	4	2	4	4	4	4	82	Irrelevante
	Alteración del equilibrio ecológico por plantas ajenas al hábitat como: Susanita, Cortaderia seollana, entre otros.	-1	12	8	4	2	2	1	4	4	4	4	-77	Crítico
	Eficiencia de servicios básicos como agua potable de Nero y ETAPA.	1	12	12	8	4	4	1	1	4	4	4	90	Irrelevante
Social	Deficiencia en servicios básicos como sistemas de alcantarillado afectando la salud, el medio ambiente, la calidad de vida y la economía de las comunidades afectadas.	-1	8	8	1	4	2	1	4	1	4	1	-58	Severo
Paisaje	Modificación de paisajes montañosos y bosques nativos ocasiona un impacto visual y en la economía local.	-1	4	4	4	1	1	1	2	1	4	2	-36	Moderado
Salud	Permanencia de centro de salud gratuito para afiliados y personas de la tercera edad.	1	12	4	8	4	4	1	8	4	4	4	81	Irrelevante
	Propagación de enfermedades intestinales a pobladores por presencia de plagas (ratas, insectos).	-1	4	4	8	2	1	1	4	1	1	2	-40	Moderado

4.3.1 Impactos críticos dentro del área de estudio

Tabla 28: Impactos críticos identificados

Componente	Impacto	Categoría
Suelo	Alteración de la cobertura vegetal por actividades ganaderas y agrícolas inapropiadas.	Crítico
Agua	Alteración en las propiedades físicas-químicas del agua por descargas de aguas residuales de camales porcino.	Crítico
	Alteración del ecosistema acuático y terrestre por presencia de residuos sólidos inorgánicos y orgánicos directos en el recurso hídrico y en orillas	Crítico
Biota	Alteración del equilibrio ecológico por plantas ajenas al hábitat como: Susanita y Cortaderia seollana (plumero de pampa).	Crítico

Tras realizar la identificación y evaluación de los impactos ambientales en la zona de estudio, se han encontrado cuatro impactos críticos en los componentes de suelo, agua y biota. En lo que respecta al componente suelo, se ha detectado una modificación en la cobertura vegetal debido a prácticas agrícolas y ganaderas inapropiadas. Estas actividades han sido observadas en los tres puntos de monitoreo, lo que ha ocasionado un notorio deterioro causado por las mismas. En el componente de agua, se ha identificado una alteración en las características físico-químicas a causa de la descarga de aguas residuales de camales porcinos. Esta problemática ha sido principalmente evidenciada en la parte baja de la zona de estudio, donde no se realiza una gestión adecuada de estas aguas. Asimismo, se ha observado la presencia directa de residuos sólidos inorgánicos y orgánicos en el recurso hídrico y en sus orillas, lo cual ha sido constatado en los tres puntos de monitoreo, siendo más notorio en las partes media y baja del curso de agua. La presencia de estos residuos sólidos podría tener un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y terrestres del área de estudio. Por último, se ha registrado un impacto en el componente biota, que indica una alteración del equilibrio ecológico debido a la presencia de plantas no nativas del hábitat, como la Susanita y la Cortaderia seloana. Estas plantas invasoras han sido observadas en las partes alta, media y baja de la zona de estudio.

En su investigación, Espinoza (2020) llevó a cabo un estudio en la quebrada El Salado de la parroquia El Valle, la cual se encuentra cercana a la parroquia de Turi. Durante este estudio, identificó diversos impactos similares a los encontrados en la zona de estudio, tanto en el componente biota como en el componente agua, al igual que otros investigadores (Albuja, 2013; Andrade & Carrión, 2018) donde Albuja en su estudio identifica el impacto negativo más alto en los residuos sólidos, esto en una quebrada Ashintaco en Quito, los que podemos corroborar en nuestro estudio ya que también es un impacto crítico la presencia de residuos sólidos; Andrade y Carrión que lo realiza en el estero el Macho del cantón Machala, identifica el impacto más crítico solo en el componente agua con alteraciones en los parámetros físico-químicos.

4.4 Determinación de Índice de calidad del agua ICA-NSF

4.4.1 Resultados obtenidos de análisis físicos, químicos y microbiológicos

Los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos en campo y laboratorio en cada punto de monitoreo se muestran en las Tablas 29, 30 y 31. A partir de estos resultados se calculó el Índice ICA-NSF, y posterior a ello comparar con los límites máximos permisibles expuestos por el COA, que se encuentran en el anexo 1, libro VI del acuerdo ministerial 097a. Para el parámetro de temperatura se midió por triplicado, es decir, se sacó un valor promedio a considerar para dicho parámetro.

Adema se realizó un análisis de estadística descriptiva como lo aplica Tapia (2021) en su estudio, esto para evitar modificaciones en los resultados, y se hace mediante la aplicación de cajas Boxplot, donde estima la existencia de valores atípicos o extremos en cada parámetro establecido en campo, aplicando este método en nuestro estudio se obtiene como resultado la inexistencia de dichos valores (fig.11), por lo que, podemos decir que nuestros datos son tomados correctamente.

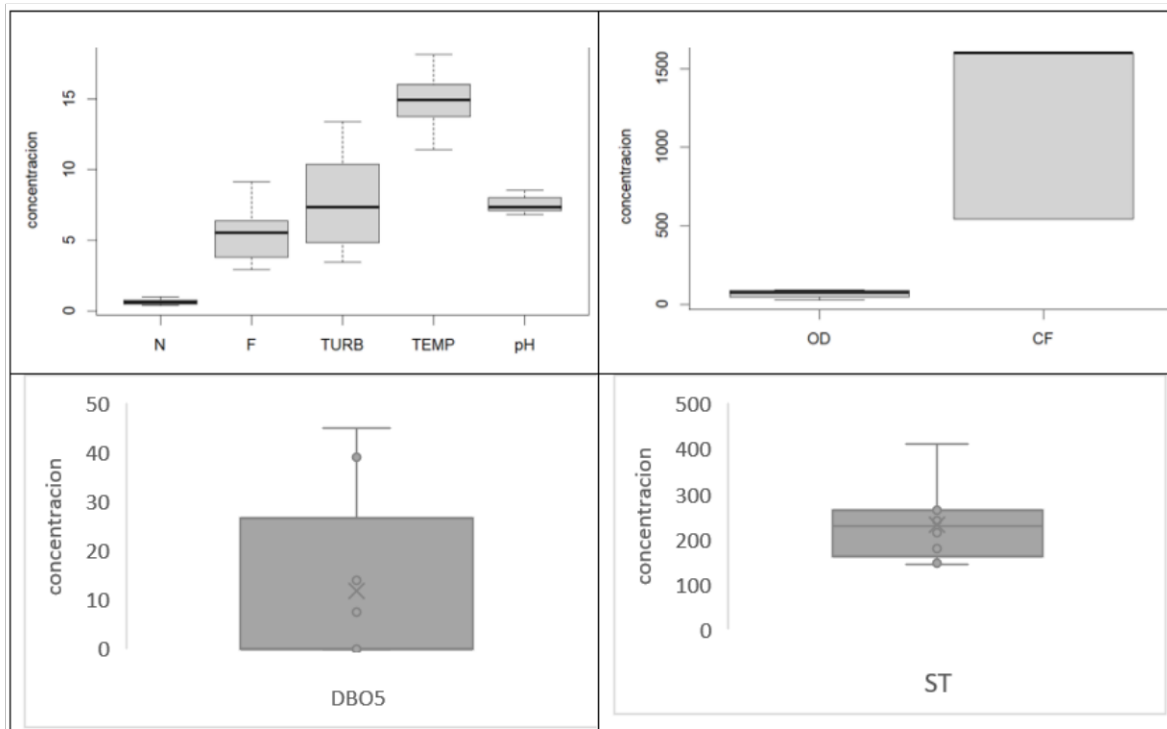


Figura 11: Diagrama de caja y bigote (Boxplot)

Tabla 29: Resultados obtenidos del Monitoreo N.º 1

Fecha: 20 de enero 2023				
Tipo de clima: nublado sin precipitaciones				
Parámetros	Unidad	Hora (am)		
		8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40
		Punto 1	Punto 2	Punto 3
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,60	3,71	6,97
Temperatura agua	°C	13,76	16,03	18,16
Temperatura ambiente		11	14	16
pH	pH	7,12	7,35	7,36
Sólidos Disueltos Totales	PPM	148,00	230,00	410,00
Nitratos	mg/l	0,50	0,80	1,00
Fosfatos	mg/l	6,39	9,16	5,52
DBO5	mg/l	N/D	45,00	N/D
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	>1600	>1600
Turbiedad	NTU	11,30	10,40	7,33

Tabla 30: Resultados obtenidos de Monitoreo N.º 2

fecha: 3 de febrero 2023				
Tipo de clima: semi-húmedo/soleado				
Parámetros	Unidad	Hora (am)		
		8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40
		Punto 1	Punto 2	Punto 3
Oxígeno disuelto	mg/l	6,79	3,70	5,11
Temperatura agua	°C	11,43	14,93	17,13
Temperatura ambiente		11	15	16
pH	pH	6,82	7,00	7,20
Sólidos Disueltos Totales	PPM	178,00	241,00	268,00
Nitratos	mg/l	0,50	0,80	0,60
Fosfatos	mg/l	2,94	3,41	3,78
DBO5	mg/l	N/D	14,00	7,40
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	>1600	>1600
Turbiedad	NTU	6,54	9,82	3,47

Tabla 31: Resultados obtenidos del Monitoreo N.º 3

Fecha: 24 de febrero 2023				
Tipo de clima: semi-húmedo/soleado				
Parámetros	Unidad	Hora (am)		
		8:00 - 9:00	9:30 - 10:30	10:50 - 11:40
		Punto 1	Punto 2	Punto 3
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,79	3,45	1,88
Temperatura agua	°C	13,30	14,13	15,36
Temperatura ambiente		11	15	16
pH	pH	8,54	8,21	8,01
Sólidos Disueltos Totales	PPM	144,00	214,00	263,00
Nitratos	mg/l	0,50	0,60	0,40
Fosfatos	mg/l	5,65	4,71	7,77
DBO5	mg/l	N/D	N/D	39,00
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	>1600	>1600
Turbiedad	NTU	13,40	4,84	4,09

4.4.2 Cálculo del Índice ICA-NSF

Las siguientes tablas 32; 33 y 34 presentan la valoración del ICA para cada monitoreo, los cuales fueron calculados a partir del sub índice de cada parámetro (Qi) obtenido por medio de ecuaciones expuestas en la tabla 23 y del peso relativo (Wi) expuestos en la tabla 21, en total son 9 índices de calidad de agua que corresponde a 3 muestras en 3 puntos de monitoreo.

Cabe mencionar que para la obtención de la variación de temperatura se tiene que realizar una resta de la temperatura del agua con la temperatura ambiente, este resultado de variación de temperatura se muestran en las tablas de valoración del ICA, y para valores de DBO5 que no se registró ningún valor, se realizó una corrección en los pesos relativos (Wi) esto para que no hay un desbalance al calcular el valor del ICA, y para valores que si registra datos de DBO5, se toma los mismos pesos relativo ya establecidos por el ICA-NSF.

Los datos de color amarilla denotan una calidad media "aguas moderadamente contaminadas" y los datos de color naranja indican una calidad mala "aguas muy contaminadas".

Tabla 32: Valoración ICA-NSF del monitoreo N°1.

Parámetros	Unidad	Punto 1				Punto 2				Punto 3				
		Valor	Qi	Wi corregido	Qi*Wi	Valor	Qi	Wi	Qi*Wi	valor	Qi	Wi corregido	Qi*Wi	
Oxígeno Disuelto	%	91,60	95,76	0,18	17,60	51,90	46,36	0,17	7,88	69,81	73,14	0,18	13,44	
Δ Temperatura	°C	2,76	83,81	0,11	9,53	2,03	86,40	0,10	8,64	2,16	85,97	0,11	9,78	
pH	pH	7,12	90,91	0,12	11,25	7,35	93,44	0,11	10,28	7,36	93,48	0,12	11,57	
Solidos Totales	PPM	148,00	78,72	0,08	6,59	230,00	64,79	0,07	4,54	410,00	46,45	0,08	3,89	
Nitratos	mg/l	0,50	97,28	0,11	11,07	0,80	90,16	0,10	9,02	1,00	93,79	0,11	10,67	
Fosfatos	mg/l	6,39	8,65	0,11	0,98	9,16	4,03	0,10	0,40	5,52	10,76	0,11	1,22	
DBO5	mg/l	N/D	100,00	0,00	0,00	45,00	2,00	0,11	0,22	N/D	100,00	0,00	0,00	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	27,72	0,17	4,82	>1600	16,72	0,16	2,68	>1600	16,72	0,17	2,91	
Turbiedad	NTU	11,30	73,98	0,09	6,94	10,40	75,54	0,08	6,04	7,33	81,28	0,09	7,62	
Valor de ICA-NSF					68,78						49,69	61,09		

Tabla 33: Valoración ICA-NSF del monitoreo N° 2.

Parámetros	Unidad	Punto 1				Punto 2				Punto 3				
		Valor	Qi	Wi corregido	Qi*Wi	Valor	Qi	Wi	Qi*Wi	Valor	Qi	Wi	Qi*Wi	
Oxígeno Disuelto	%	87,70	93,23	0,18	17,13	41,25	31,74	0,17	5,40	73,00	77,51	0,17	13,18	
Δ Temperatura	°C	0,43	89,98	0,11	10,24	-0,06	89,43	0,10	8,94	1,13	88,79	0,10	8,88	
pH	pH	6,82	83,90	0,12	10,38	7,00	87,51	0,11	9,63	7,20	92,13	0,11	10,13	
Solidos Totales	PPM	178,00	74,08	0,08	6,20	241,00	61,69	0,07	4,32	268,00	57,40	0,07	4,02	
Nitratos	mg/l	0,50	97,28	0,11	11,07	0,80	90,16	0,10	9,02	0,60	96,56	0,10	9,66	
Fosfatos	mg/l	2,94	21,79	0,11	2,48	3,41	20,13	0,10	2,01	3,78	18,58	0,10	1,86	
DBO5	mg/l	N/D	100,00	0,00	0,00	14,00	21,53	0,11	2,37	7,40	44,14	0,11	4,86	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	27,72	0,17	4,82	>1600	16,72	0,16	2,68	>1600	16,72	0,16	2,68	
Turbiedad	NTU	6,54	82,87	0,09	7,77	9,82	75,57	0,08	6,05	3,47	89,54	0,08	7,16	
Valor de ICA-NSF					70,08						50,40	62,42		

Tabla 34: Valoración ICA-NSF del monitoreo N°3.

Parámetros	Unidad	Punto 1				Punto 2				Punto 3			
		Valor	Qi	Wi corregido	Qi*Wi	Valor	Qi	Wi corregido	Qi*Wi	Valor	Qi	Wi	Qi*Wi
Oxígeno Disuelto	%	90,20	94,95	0,18	17,45	45,50	37,28	0,18	6,85	25,30	15,68	0,17	2,67
Δ Temperatura	°C	2,30	85,50	0,11	9,73	-0,87	89,30	0,11	10,16	-0,64	90,00	0,10	9,00
pH	pH	8,54	67,23	0,12	8,32	8,21	78,78	0,12	9,75	8,01	84,71	0,11	9,32
Solidos Totales	PPM	144,00	79,28	0,08	6,64	214,00	67,77	0,08	5,68	263,00	58,39	0,07	4,09
Nitratos	mg/l	0,50	97,28	0,11	11,07	0,60	95,56	0,11	10,87	0,40	98,00	0,10	9,80
Fosfatos	mg/l	5,65	10,34	0,11	1,18	4,71	14,14	0,11	1,61	7,77	7,17	0,10	0,72
DBO5	mg/l	N/D	100,00	0,00	0,00	N/D	100,00	0,00	0,00	39,00	2,00	0,11	0,22
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540,00	27,72	0,17	4,82	>1600	16,72	0,17	2,91	>1600	16,72	0,16	2,68
Turbiedad	NTU	13,40	70,56	0,09	6,62	4,84	86,47	0,09	8,11	4,09	88,14	0,08	7,05
Valor de ICA-NSF		65,81				55,92				45,53			

Tabla 35: Resumen de valoración de ICA-NSF en los tres puntos de monitoreo

N.º monitoreo	Fecha	Clima	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
1	20 de enero 2023	Nublado sin precipitación	68,77	50,17	61,09	60,01
2	3 de febrero 2023	Semi-húmedo/soleado	70,08	50,40	62,42	60,97
3	24 de febrero 2024	Semi-húmedo/soleado	65,81	55,92	45,53	55,75
Valor promedio			68,22	52,17	56,35	

4.4.3 Interpretación de resultados del ICA

Los resultados evaluados por el ICAa-NSF muestran una tendencia que oscila entre un nivel mala y mediana, lo cual indica una calidad del agua inadecuada en la quebrada Tres Marías (ver Tabla 35). Según el promedio del ICA, se considera que la calidad de este recurso hídrico es de nivel medio, es decir, presenta un grado moderado de contaminación, lo que requeriría un tratamiento adecuado para su consumo humano y uso doméstico. No obstante, estas aguas serían inaceptables para peces sensibles y para preservar la vida acuática, de acuerdo a las afirmaciones de (Flores, 2022).

No hay una variación significativa en los valores del ICA-NSF, ya que todos se mantienen en un rango de 50 a 70. Sin embargo, en el punto 3 durante el último monitoreo realizado el 24 de febrero, se observa una ligera disminución con un valor de ICA de 45. Se pretende la disminución de este valor al aumento en la actividad del camal ubicado en la parte baja de la microcuenca, lo que resulta en un incremento de los residuos orgánicos y líquidos. Esto a su vez reduce el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, aumenta el DBO5 y los coliformes fecales. En comparación con los dos monitoreos anteriores realizados el 20 de enero y el 3 de febrero, donde se mantuvo un rango de calidad mediana, es decir, con poca actividad en los camales.

Durante enero y febrero, se tomaron las muestras en un período sin precipitaciones, lo cual limitó la variabilidad en la calidad del agua relacionada con el clima. Un estudio anterior realizado por Beltrán et al. (2013) que abarcó una temporada seca y lluviosa, mostró una calidad de agua de regular a buena. Asimismo, en otro estudio llevado a cabo por Calle (2021) en el río Tarqui, utilizando diatomeas como indicador, se encontró que la calidad del agua se mantuvo entre moderada y buena durante la época de lluvias. En nuestra investigación, debido a la falta de precipitaciones, la calidad del agua se mantuvo en un rango de mediana calidad. Es relevante destacar que la red hidrográfica de nuestra microcuenca desemboca en el río Tarqui.

En el estudio de Espinoza (2020) que lo realiza en la quebrada el Salado de la parroquia el Valle, lo realiza en los meses de febrero a mayo, aplicando el mismo ICA aditivo que en nuestro estudio, donde el mes de febrero (primer monitoreo) muestra que la calidad del agua se categoriza entre media y mala, haciendo referencia con nuestro estudio en la fecha de monitoreo del 3 y 24 de febrero que corresponde a época semihúmedo con presencia de sol, también se tiene una calidad de media a mala.

4.4.4 Variabilidad temporal del índice ICA-NSF

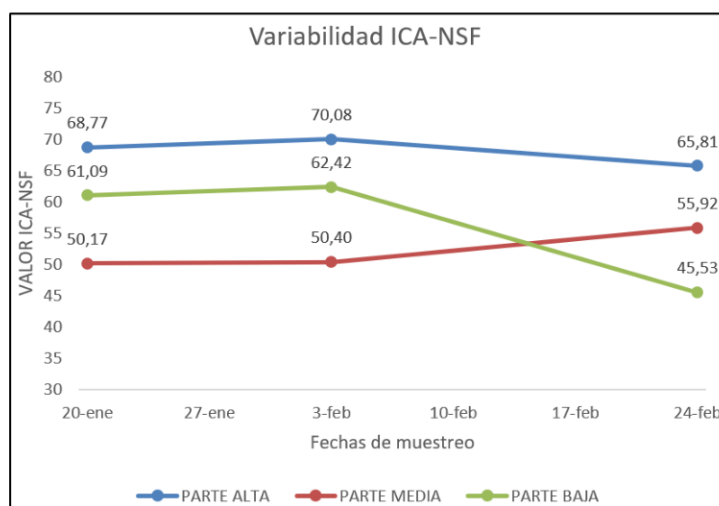


Figura 12: Variabilidad temporal ICA-NSF

Los resultados revelan una variabilidad temporal en los tres puntos de muestreo durante el período comprendido entre el 20 de enero y el 24 de febrero. Se observa una marcada disminución principalmente en la parte baja (de 62 a 45) de la microcuenca, lo cual coincide con un periodo climático semihúmedo en febrero. En la parte alta de la microcuenca, no se presentan anomalías extremas que afecten la calidad del agua. Mientras tanto, en la parte media, la calidad del agua muestra un incremento de categoría de mala a media, lo que indica que a lo largo del tiempo ha habido una disminución de las actividades antrópicas en ese punto en comparación con la parte baja, donde se observa una alteración en la calidad del agua a medida que transcurre el tiempo, manteniéndose en una categoría de media a mala. Esto evidencia que las actividades humanas son más notorias en esa temporada y en ese punto específico.

En comparación con la investigación realizada por el autor Tapia (2021), cuyo tercer monitoreo se llevó a cabo en enero de 2021 en el río Naranjo, se menciona que el aumento de las precipitaciones en ese mismo mes provocó un incremento considerable en los valores, obteniendo un resultado de ICA de buena calidad. Esto demuestra que la variabilidad climática desempeña un papel importante. En nuestro estudio, en cambio, no se registraron precipitaciones en enero, pero se obtuvo una calidad media en comparación. Es evidente que la presencia o ausencia de precipitaciones afecta significativamente la calidad del agua, como es en el estudio del autor Tapia, donde, con precipitaciones, los resultados se obtuvieron de una buena calidad del agua.

4.4.5 Variabilidad espacial del índice ICA-NSF

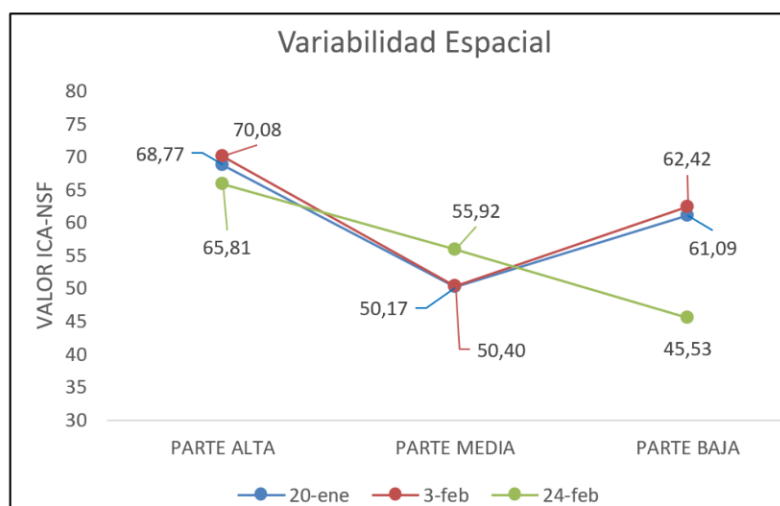


Figura 13: Variabilidad espacial ICA-NSF

Los datos que representan la variabilidad espacial en la parte alta de la microcuenca muestran una calidad mediana. Sin embargo, en la parte media, los datos disminuyen considerablemente, indicando una mala calidad del agua. Esto se debe a que las actividades antrópicas en ese punto son más notorias, como se evidencia en el Anexo 1 de la ficha técnica de campo, donde se observan impactos más significativos en la parte media y baja del recurso hídrico.

Se argumenta que la calidad deficiente de los datos en la sección central de la microcuenca es consecuencia de diversos factores, tales como animales en descomposición, la presencia de desechos sólidos y algunas viviendas sin sistemas de alcantarillado, lo que conlleva a la utilización de pozos sépticos cerca del recurso hídrico. Además, se observó un flujo de agua mínimo en los tres puntos de muestreo, lo que también afecta negativamente la calidad del agua en esa área.

En la parte baja de la microcuenca, se observa una tendencia hacia una calidad de agua que va desde moderada a deficiente. A pesar de que las viviendas en esta área disponen de sistemas de alcantarillado, aún se evidencia la presencia de aguas residuales, así como prácticas agrícolas inadecuadas y actividades ganaderas, lo que impacta negativamente en la calidad del agua.

4.5 Comparación con los valores permisibles que establece la normativa vigente expuestas en el Acuerdo ministerial 097a

Como se indicó en la sección metodológica, se realizó una verificación para determinar si existían valores que superaran el rango normal. Se compararon los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el anexo 1 del libro VI. Este anexo incluye varias tablas relevantes: la tabla N°1, que establece los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico; la tabla N°2, que establece los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios; y la tabla N°5, que establece los criterios de calidad para aguas de uso pecuario.

Es importante mencionar que de los nueve parámetros que se consideran en el ICA-NSF, solo se excluyen dos para esta comparación: la temperatura y los fosfatos. Esto se debe a que ninguna de las tres tablas de criterios de calidad mencionadas proporciona un valor permisible con el cual se puedan comparar estos parámetros. A continuación, en las tablas 36, 37 y 38 se presentan los resultados obtenidos junto con su cumplimiento en relación a los límites máximos permisibles establecidos.

Tabla 36: Comparación con la normativa del monitoreo N°1

Anexo 1 del libro VI del Acuerdo ministerial 097a								
Parámetro	Punto 1		Tabla 1		Tabla 2		Tabla 5	
	Unidad	Valor	LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	91,60	No registra	-	> 80	Cumple	No registra	-
pH	pH	7,12	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	148,00	No registra	-	No Registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	0,50	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	N/D	<2	Cumple	20	Cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	540,00	1000	Cumple	No Registra	-	1000	Cumple
Turbiedad	NTU	11,30	100	Cumple	No Registra	-	No Registra	-
	Punto 2		LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	51,90	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-
pH	pH	7,35	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	230,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	0,80	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	45,00	<2	No cumple	20	No cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple
Turbiedad	NTU	10,40	100	Cumple	No registra	-	No registra	-
	Punto 3		LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	69,53	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-
pH	pH	7,36	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	440,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	1,00	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	N/D	<2	Cumple	20	Cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple
Turbiedad	NTU	7,33	100	Cumple	No registra	-	No registra	-

Tabla 37: Comparación con la normativa del monitoreo N°2

Anexo 1 del libro VI del Acuerdo ministerial 097a								
Punto 1			Tabla 1		Tabla 2		Tabla 5	
Parámetro	Unidad	Valor	LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	87,70	No registra	-	> 80	Cumple	No registra	-
pH	pH	6,82	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	178,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	0,50	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	N/D	<2	Cumple	20	Cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	540,00	1000	Cumple	No registra	-	1000	Cumple
Turbiedad	NTU	6,54	100		No registra	-	No registra	-
Punto 2			LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	52,60	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-
pH	pH	7,00	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	241,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	0,80	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	14,00	<2	No cumple	20	Cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple
Turbiedad	NTU	9,82	100	CUMPLE	No registra	-	No registra	-
Punto 3			LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	73,00	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-
pH	pH	7,20	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-
SDT	mg/l	268,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple
Nitratos	mg/l	0,60	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple
DBO5	mg/l	7,40	<2	No cumple	20	Cumple	No registra	-
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple
Turbiedad	NTU	3,47	100	Cumple	No registra	-	No registra	-

Tabla 38: Comparación con la normativa del monitoreo N°3

Anexo 1 del libro VI del Acuerdo ministerial 097a									
Parámetro	Punto 1			Tabla 1		Tabla 2		Tabla 5	
	Unidad	Valor	LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio	
OD	%	90,20	No registra	-	> 80	Cumple	No registra	-	
pH	pH	8,54	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-	
SDT	mg/l	144,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple	
Nitratos	mg/l	0,50	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple	
DBO5	mg/l	N/D	<2	Cumple	20	Cumple	No registra	-	
CF	NMP/100ml	540,00	1000	Cumple	No registra	-	1000	Cumple	
Turbiedad	NTU	13,40	100	Cumple	No registra	-	No registra	-	
	Punto 2			LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	45,50	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-	
pH	pH	8,21	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-	
SDT	mg/l	214,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple	
Nitratos	mg/l	0,60	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple	
DBO5	mg/l	N/D	<2	Cumple	20	Cumple	No registra	-	
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple	
Turbiedad	NTU	4,84	100	Cumple	No registra	-	No registra	-	
	Punto 3			LMP	Criterio	LMP	Criterio	LMP	Criterio
OD	%	25,30	No registra	-	> 80	No cumple	No registra	-	
pH	pH	8,01	6 a 9	Cumple	6,5 a 9	Cumple	No registra	-	
SDT	mg/l	263,00	No registra	-	No registra	-	3000	Cumple	
Nitratos	mg/l	0,40	50	Cumple	13	Cumple	50	Cumple	
DBO5	mg/l	39,00	<2	No cumple	20	No cumple	No registra	-	
CF	NMP/100ml	>1600	1000	No cumple	No registra	-	1000	No cumple	
Turbiedad	NTU	4,09	100	Cumple	No registra	-	No registra	-	

4.5.1 Interpretación de datos con la normativa

Se ha notado que los parámetros de DBO5 y coliformes fecales no cumplen con los estándares establecidos para la calidad del agua para consumo humano y doméstico (ver Tabla 1), en la parte media y parte baja en los tres monitoreos realizados. En cuanto a los demás parámetros, todos cumplen con los límites establecidos, aunque algunos de ellos no cuentan con un registro específico de valor permisible.

Si bien los valores de DBO5 en algunos monitores cumplen con los criterios de calidad para la preservación de la vida silvestre y acuática en aguas dulces, marinas y estuarios (ver Tabla 2), se observa que el oxígeno disuelto no cumple con este criterio. Estos parámetros muestran valores que superan los límites establecidos tanto en la parte media como en la parte baja de los tres puntos de monitoreo.

Los coliformes fecales, que están presentes en las partes media y baja del área de estudio, es el único parámetro en los criterios de calidad del agua utilizada para uso pecuario (ver Tabla 5) que no cumple con los estándares.

Queda claro a partir de nuestro estudio que el oxígeno disuelto y los coliformes son los parámetros que se ven más afectados. Esto está respaldado por estudios anteriores realizados por Andrade & Carrión (2018); Pesántez & Roldán (2021) y Samaniego (2019), que también demuestran que los parámetros de DBO5, coliformes fecales y oxígeno disuelto en sus estudios no se apegaron a la normatividad establecida. De acuerdo con estos resultados, la presencia de exceso de materia orgánica y contaminación fecal en ríos y quebradas tiene un impacto negativo significativo en los niveles de contaminación y puede perturbar el equilibrio ecológico del cuerpo de agua.

a. Oxígeno Disuelto en % de Saturación

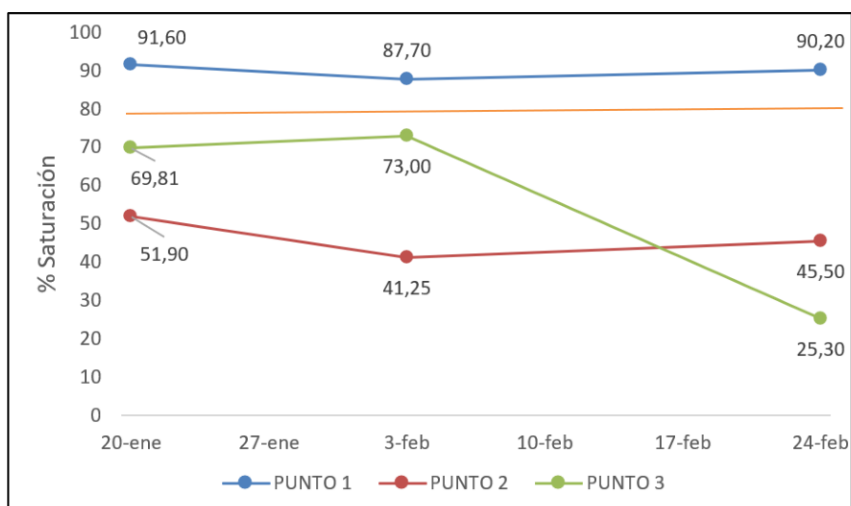


Figura 14: Análisis comparativo del Oxígeno Saturado.

La línea de color naranja indica el límite permitido según la normativa del criterio tabla 2.

El oxígeno disuelto expresado en % de saturación no registra límites permisibles en la tabla 1 y 5 del acuerdo ministerial 097a, mientras que en la tabla 2 sí registra, misma que cumple con la normativa solamente en el primer punto (parte alta) en los tres monitoreos, a excepción, de los puntos 2 y 3 donde no cumplen con lo establecido por la normativa.

(Acevedo & Ballesteros, 2019; Baque et al., 2016) considera un indicador confiable de calidad aquellas que superen el 80% del nivel de saturación de oxígeno en el agua. Además, (Tapia, 2021) los valores de saturación que superen el 101% se considerarían aguas sobresaturadas. Para ríos y riachuelos, los niveles normales de OD necesarios para mantener una diversidad de vida acuática serían de al menos 5 a 6 mg/l, y los niveles de entre 3 a 1 mg/l afectarían a los organismos acuáticos (Peña, 2007). En nuestro estudio no existen valores sobresaturados. En la parte alta (P1), el valor promedio se encuentra entre 89,83 de oxígeno saturado, no sobrepasa el límite establecido por Tapia, sin embargo, existen valores que sobresalen del rango expuesto por Peña como es en la parte media (P2) que tiene una concentración promedio de 3,62 mg/l y en la parte baja (P3) una concentración de 1,88 mg/l solamente en el último monitoreo.

(Muñoz et al., 2015) mencionan que el valor de saturación refleja el porcentaje actual del oxígeno máximo que puede disolverse en el agua. En nuestro estudio, el valor promedio de saturación de oxígeno en el Punto 1 fue de 89,83%, indicando que el agua se encuentra cerca de su capacidad máxima de oxígeno disuelto. Además, en el mismo punto, se obtuvo un dato promedio de 6,73 mg/l de oxígeno disuelto, que representa la cantidad real de oxígeno que está presente en el agua y está disponible para su uso por los organismos acuáticos.

El oxígeno disuelto muestra valores bajos de saturación en la parte media y baja, con un promedio de 51,13% de oxígeno saturado y 4,13 mg/l de oxígeno disuelto presente en el agua. Esto indica que el agua retiene aproximadamente la mitad del oxígeno que podría contener en su capacidad máxima de saturación. Aunque no está completamente saturada, la presencia de 4,13 mg/l de oxígeno disuelto indica que todavía hay una cantidad adecuada de oxígeno para mantener la vida acuática y equilibrar el ecosistema acuático.

El OD en el agua opera mediante un proceso conocido como re-aireación, en el cual el oxígeno presente en el aire se disuelve en la superficie del agua, los niveles bajos de OD son afectados por varios factores como: el consumo de oxígeno por parte de algas, plantas acuáticas, materia orgánica y la descomposición bacteriana, especialmente en casos de descargas de aguas residuales, aceites o grasas (Foley et al., 2005).

Baque et al. (2016) señalan que el OD también se veía afectado por la presencia de coliformes fecales, afectando la cantidad de oxígeno disuelto en el agua debido a que puede llevar a un incremento en la actividad respiratoria. En nuestro estudio, en las partes media y baja del área de estudio tenían valores por debajo del 80% de saturación y niveles de coliformes fecales por

encima de 1600 NMP/100ml. En cambio, en la parte alta se encontraron valores superiores al 80% de saturación y niveles aceptables de coliformes fecales con 540 NMP/100ml.

En la quebrada Tres Marías, se han detectado impactos ambientales asociados con la presencia de aguas residuales no tratadas y una proliferación excesiva de plantas acuáticas y algas en el agua (ver figuras 44 y 46). Estos factores tienen un efecto significativo en la vida acuática, resultando en una escasa diversidad de macroinvertebrados y afectando negativamente los ecosistemas acuáticos en general (Croijmans et al., 2021). La falta de flujo de corriente puede ser otro factor de disminución del OD, por lo que el autora (González, 2019) menciona que las fuertes corrientes en las aguas superficiales provocan los altos niveles de saturación de oxígeno, en algunos casos pueden conducir a la sobresaturación del mismo, el caudal de la quebrada Tres Marías era mínima lo que explica los valores bajo de saturación.

b. Temperatura (°C)

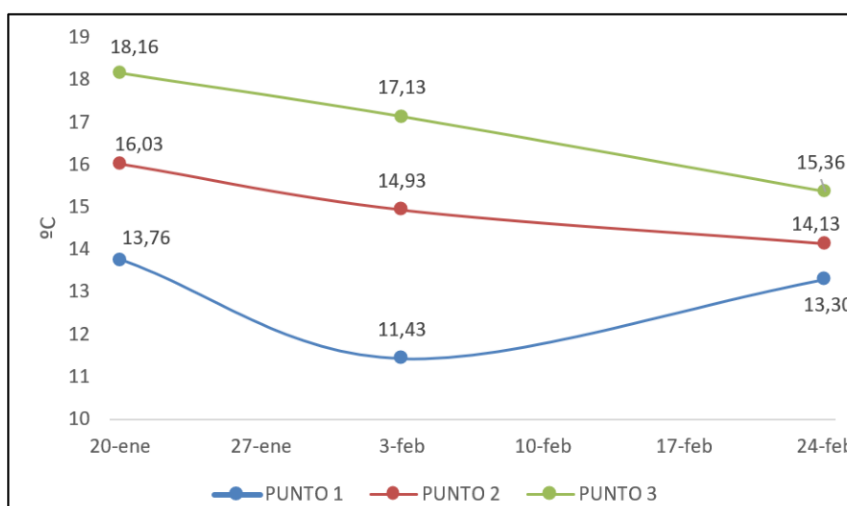


Figura 15: Análisis comparativo de la temperatura.

La temperatura registrada en nuestro estudio no alcanza los límites máximos permitidos según los criterios de calidad establecidos en las tablas 1, 2 y 5. En el estudio realizado por (Samaniego, 2019), se menciona que la temperatura está directamente relacionada con la solubilidad y de manera indirecta con la altitud. El autor concluye que, a mayor altitud, la temperatura disminuye. Este dato es relevante para nuestro estudio, ya que el punto más alto de muestreo se encuentra a una altitud de 2872 ms.n.m, con temperaturas que oscilan entre 11 y 13 °C.

Por otro lado, González (2019) explica que, a altitudes superiores a 1800 ms.n.m, las fuentes de calor y luz solar son limitadas en las captaciones de agua. Esto conlleva beneficios, ya que las temperaturas bajas evitan cambios en las sustancias, la acumulación de sólidos disueltos y una alta tasa de descomposición de la materia orgánica en el cuerpo de agua. Por lo tanto, el nivel de oxígeno disuelto se mantiene estable en valores altos y se evita el aumento del DBO5.

En los puntos 2 y 3, donde las temperaturas oscilan entre 14 y 18 °C en los tres monitoreos, Espinoza (2020) menciona que las temperaturas varían a lo largo del día y están influenciadas por la temperatura ambiente. Esto explica el aumento de temperaturas en estos dos puntos (parte media y baja). Otro factor que influye en las variaciones de temperatura es el nivel de sombra o vegetación en el área, como mencionan Acevedo & Ballesteros (2019). En el primer punto de muestreo, se observa una gran cantidad de matorrales y plantación forestal que impiden el ingreso directo de luz solar. En cambio, en los puntos 2 y 3, no hay plantaciones forestales, lo que permite el contacto directo de la luz solar con el cuerpo de agua.

c. pH

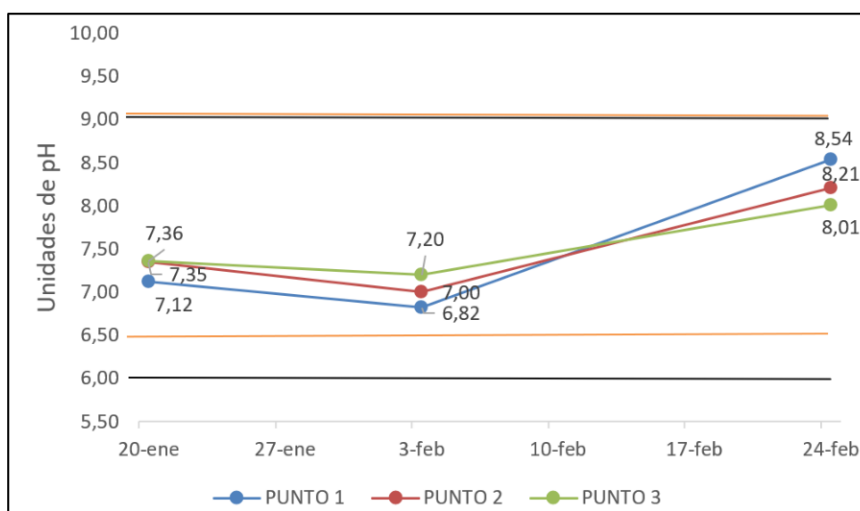


Figura 16: Análisis comparativo del pH.

Las líneas color negro y naranja representan el valor límite permisible fijado por la normativa en el criterio de las tablas 1 y 2.

El pH, cumple con los límites permisibles especificados en las tablas 1 y 2 del acuerdo ministerial 097a en todos los puntos de monitoreo. La escala de pH, que va de 7 a 8, se puede considerar como neutro-alcalino en general (Blanco, 2012). Para la mayoría de los sistemas acuáticos y el consumo humano, estos valores son ideales (Pérez López, 2016).

Sin embargo, se observa un aumento en el pH durante el tercer monitoreo realizado el 24 de febrero de 2023. Este efecto puede deberse a variaciones de temperatura o estar directamente relacionado con las descargas de aguas residuales (González, 2019). Además, las muestras se tomaron en un período de clima semihúmedo con presencia de sol, lo cual coincide con el estudio realizado por Carrillo & Urgilés (2016), quienes demostraron que en épocas de verano los niveles de pH varían entre 7 y 8.5, dependiendo de la variabilidad en el régimen de lluvias. Esto implica que los niveles de este parámetro puedan verse alterados.

d. Sólidos disueltos totales

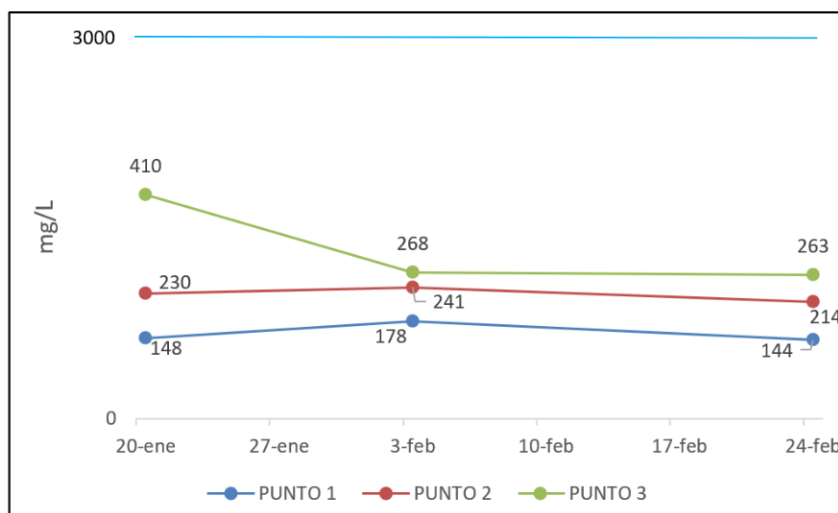


Figura 17: Análisis comparativo de los sólidos totales.

Las líneas color celeste representa el valor limite permisible establecido por la normativa en el criterio de la tabla 5.

Los niveles de SDT son significativos y cumplen con los límites establecidos por los criterios de calidad de la tabla 5 del acuerdo ministerial 097a. Sin embargo, en ciertos puntos de muestreo se registran valores elevados, como en el punto 3. Por ejemplo, el 20 de enero se obtuvo un valor de 410 mg/l, el 3 de febrero se registró un valor de 268 mg/l y el 24 de febrero se obtuvo un valor de 263 mg/l.

Las razones detrás de estos valores elevados pueden ser diversas, incluyendo la erosión de las riberas, incremento de las lluvias que provocan una mayor escorrentía y el transporte de sustancias contaminantes (Hinojoza, 2018). Estas afirmaciones se respaldan con la observación de la erosión de riberas en la sección media de la microcuenca, como se muestra en el Anexo 10 (Figura 46), lo que conduce al transporte de sedimentos hacia la parte baja de la microcuenca y contribuye al incremento de los niveles de sólidos disueltos totales (SDT). Además, (Espinoza, 2020) señala en su estudio que la presencia de algas y la proximidad del ganado al cuerpo de agua también pueden influir en los niveles de SDT. En nuestro estudio, también se observaron estos factores, como se muestra en el Anexo 10 (Figuras 43 y 46).

e. Nitratos

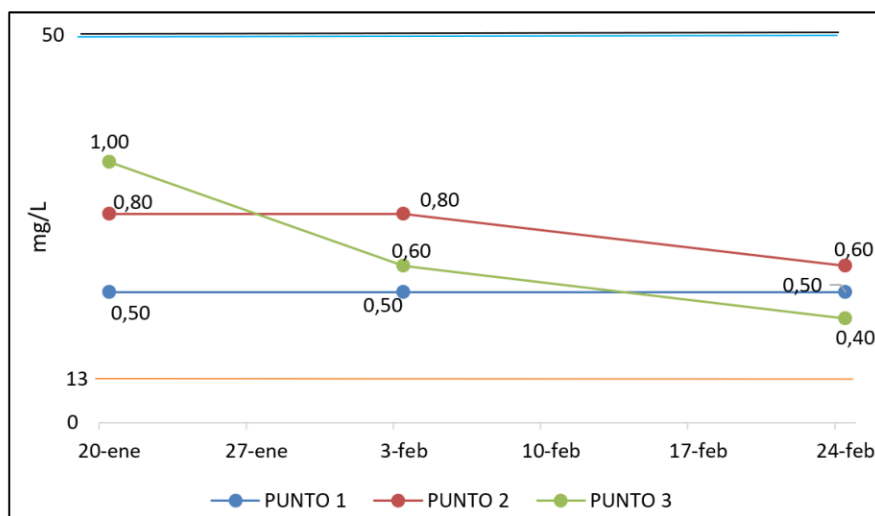


Figura 18: Análisis comparativo de nitratos.

El valor límite permisible establecido por la normativa de acuerdo con las normas de las tablas 1 y 5 se representa con las líneas negras y celestes. El valor límite permitido para la tabla 2 se muestra con la línea naranja.

Todas las concentraciones de nitratos registradas cumplen con los estándares descritos en las tablas 1, 2 y 5 porque todas permanecen dentro de los rangos permitidos reglamentariamente. La Figura 18 muestra que los niveles de nitrato en los tres puntos de monitoreo son menores a 1 mg/l. Esto sugiere que las bajas concentraciones de nitrato son buenas tanto para la salud humana como para la vida acuática (Moreno C et al., 2015).

Por otro lado, (Torrez, 2018) en su estudio, señala que niveles elevados de nitratos pueden ocasionar el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, lo cual puede dar lugar a la eutrofización y la disminución de la vida acuática por ausencia de oxígeno. No obstante, en nuestra investigación, los niveles de nitratos son bajos, y no suponen un riesgo de eutrofización.

Según (Acevedo & Ballesteros, 2019; Samaniego, 2019) los microorganismos que descomponen naturalmente los materiales orgánicos nitrogenados como los desechos animales y las proteínas, son los responsables de la generación de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas. La Organización Mundial de la Salud establece que concentraciones de nitrato superiores a 50 mg/l son perjudiciales para la salud humana (Tapia, 2021).

f. Fosfatos

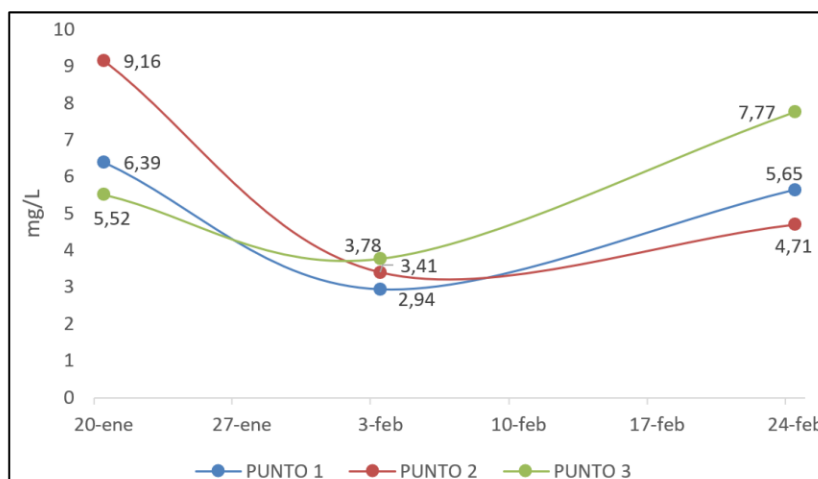


Figura 19: Análisis comparativo de fosfatos.

Los fosfatos no registran valores máximos permitidos según los criterios de calidad establecidos en las tablas 1, 2 y 5 de la normativa. Sin embargo, las concentraciones de fosfatos en nuestro estudio son altas en comparación con otras investigaciones. Por ejemplo, en el estudio de Espinoza (2020) que lo realiza en la quebrada el Salado de la parroquia el Valle donde se obtuvo valores inferiores a 2,8 mg/l para este parámetro.

Quilumbaqui (2017) menciona que los altos niveles de contaminación por fosfatos pueden ser causados por fuentes antropogénicas, como descargas de efluentes o aguas residuales domésticas, actividades agrícolas y la eliminación directa de detergentes en las fuentes de agua. En nuestro estudio, se registraron valores de fosfatos que oscilan entre 2,94 y 9,16 mg/l en todos los puntos de monitoreo. Estos altos niveles de fosfatos, al igual que los nitratos, pueden provocar la proliferación de algas en las aguas superficiales, ya que el fósforo es un nutriente para las plantas. (Putz, 2010) menciona que 1 gramo de fosfato provoca el crecimiento de 100 gramos de algas cuando las algas mueren, su descomposición genera una demanda de oxígeno de aproximadamente 150 gramos.

Las concentraciones críticas para indicar un inicio de eutrofización se encuentran en el rango de 0,1-0,2 mg/l de fosfato-fósforo (PO₄-P) en aguas con corriente. La eutrofización puede ocurrir dependiendo de los niveles de fosfato presentes en el cuerpo de agua (Acevedo & Ballesteros, 2019) lo que no es el caso para nuestro recurso hídrico ya que al pesar de tener niveles altos de fosfato no presenta eutrofización. Según Espinoza (2020), los niveles de fosfatos en aguas naturales deberían ser inferiores a 0,01 mg/L (PO₄³⁻) para evitar la proliferación de algas y otros organismos acuáticos. El aumento de los niveles de fosfatos puede ser debido a periodos secos donde se produce una mayor erosión.

g. DBO5

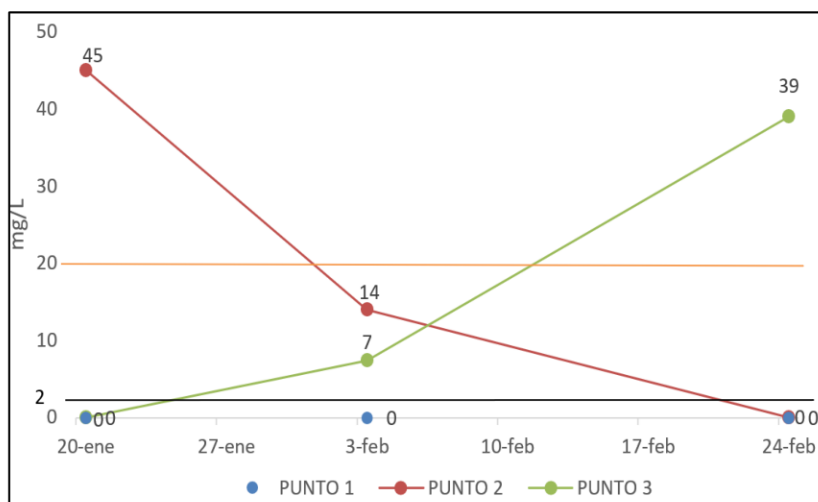


Figura 20: Análisis comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La línea de color negro representa el valor límite permisible establecido por la normativa en el criterio de la tabla 1. La línea color naranja representa el valor límite permisible de la tabla 2.

Las concentraciones de DBO5, registran valores en los límites máximos permisibles de los criterios de calidad planteadas en las tablas 1 y 2 de la normativa, el criterio de calidad para consumo humano y uso doméstico (línea color negro) los valores deben ser inferiores a 2 mg/l., y para criterios de preservación vida acuática en aguas dulces (línea color naranja) los valores no deben superar a 20 mg/l, se observa en la figura 15, donde, 4 de los valores no cumple con la normativa, entre los datos esta; 45mg/l; 39mg/l de los puntos 2 y 3, que no cumple con la normativa de la tabla 1 y 2; y 14mg/l; 7,40 mg/l de los puntos 2 y 3, no cumplen con la normativa de la tabla 1 y si cumple con la normativa de la tabla 2.

Cuando los valores de DBO5 aumentan puede deberse a la cantidad de materia orgánica existentes en el agua como: restos vegetales, desechos de animales, grasas y entre otros compuestos orgánicos que pueden ser introducidos en el agua a través de descarga de aguas residuales, actividades agrícolas y otros procesos humanos, este parámetro disminuye a medida que se consumen los desechos orgánicos (Acevedo & Ballesteros, 2019), es evidente la concentración de materia orgánica en los puntos 2 y 3, donde; en el punto 2 se ve claramente una descendencia de 45 a 0 mg/l en el primer monitoreo del 20 de enero al 24 de febrero, esto es claro ya que mediante el recorrido se evidencio desechos de animales y ganado vacuno pastando en orillas de la quebrada ver anexo 8 (fig. 43) al contrario de otros días de monitoreo donde no se encontró dicha actividad, entonces la concentración del DBO5 (45 mg/l) es la misma para ese mismo punto, por lo cual, la materia orgánica va disminuyendo con el tiempo, a comparación del punto 3 donde existe una creciente de 0 a 39 mg/l, de 20 de enero al 24 de febrero, esto puede deberse también al alta carga de materia orgánica de las aguas residuales de camal.

Tapia (2021) menciona que un río no contaminado no debería superar los 3 mg/l., mientras que los resultados de un río muy contaminado pueden estar cerca de los 10 mg/l. En el caso de valores que marcan 0 mg/l que es la mayormente en la parte alta de la microcuenca, quiere decir que, la materia orgánica presente en el agua pueda ser descompuestas por las bacterias en un periodo de 5 días.

h. Coliformes Fecales

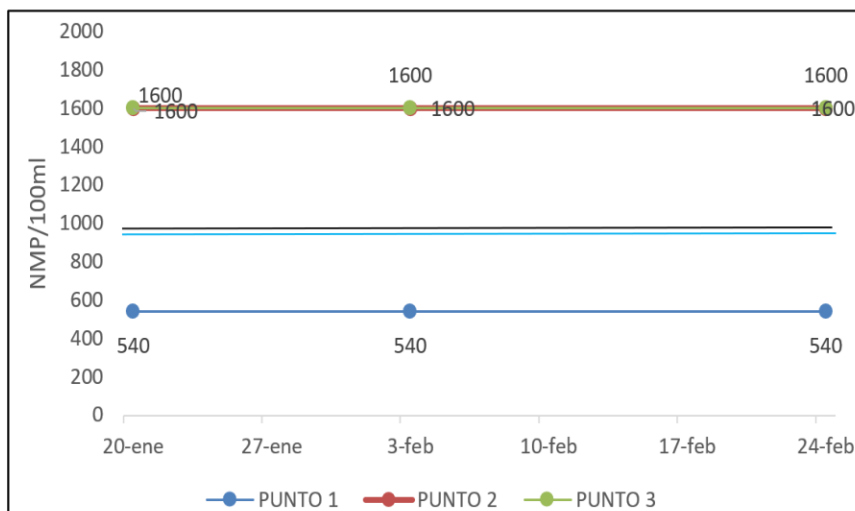


Figura 21: Análisis comparativo de Coliformes Fecales.

Las líneas de color negro y celeste representan el valor limite permisible establecido por la normativa en el criterio de la tabla 1 y 5.

Los coliformes fecales, registran valores en los límites máximos permisibles de los criterios de calidad planteadas en las tablas 1 y 5 de la normativa, los valores no deben superar a 1000 NMP/100 ml, se puede observar en la figura 16 que, 6 de los valores no cumple con la normativa, estos corresponden a los punto 2 y 3 que sobrepasan los límites con valores mayores a 1600 NMP/100 ml, mientras que en el monitoreo del punto 1 si cumple con lo establecido obtenido un valor mínimo de 540 NMP/100 ml. Algo que es muy notorio, ya que en el punto 1 no se evidencio muchas actividades antrópicas a comparación con los puntos 2 y 3 (anexo 1), sin embargo, es un valor alto en el que se debería de considerar a pesar de cumplir con la normativa.

Existe una fuerte contaminación por desecho fecal a pesar de que el primer punto su valor cumple con la normativa, sin embargo, estos niveles altos de CF se vienen dando por la presencia de ganado y criadero de animales (cerdos) ver (anexo 6, fig. 43 y anexo 8 fig. 47) ya que todos eso generan desechos y son infiltrados hacia el cuerpo hídrico indirectamente, Tapia (2021) comenta otra causa, que es la hidratación del ganado vacuno directo en el cuerpo hídrico, que continuamente agregan heces al área, lo que se está de acuerdo con el autor, ya que en nuestro estudio se presencié ganado cruzando el recurso hídrico e hidratándose, Peñafiel (2014) en su estudio afirma que el elevado nivel de coliformes fecales en un cuerpo hídrico restringe significativamente el uso del mismo, por lo tanto, en la microcuenca de la quebrada Tres Marías se descarta el uso para

consumo humano y doméstico, y de uso pecuario, si no se da un tratamiento o mitiga algunos impactos.

i. Turbiedad

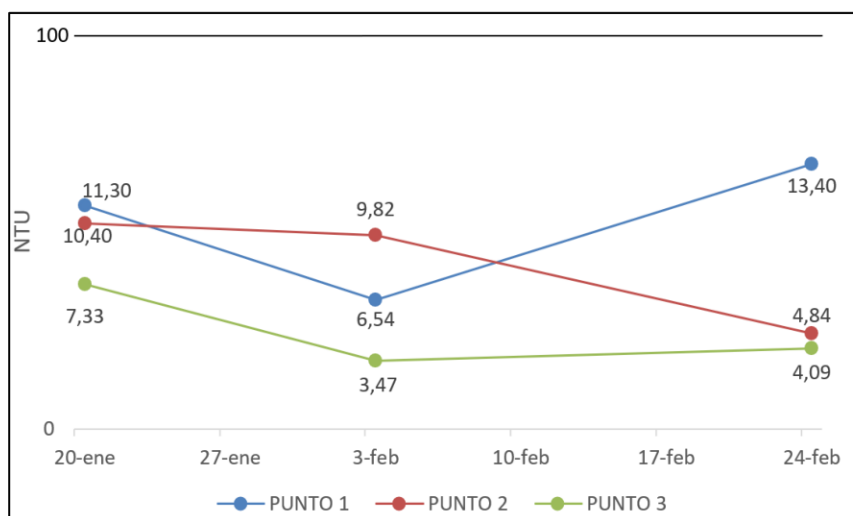


Figura 22: Análisis comparativo de la turbiedad.

La línea de color negro representa el valor del límite permisible establecido por la normativa en el criterio de la tabla 1.

La turbidez de acuerdo a los criterios de calidad establecidos en la tabla 1 de la normativa no supera los 100 NTU. Esto se puede observar en la figura 22, donde todos los valores se ajustan a lo establecido. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos datos fueron tomados en condiciones climáticas específicas, como días nublados sin lluvia en enero y días semihúmedos con presencia de sol en febrero, con precipitaciones escasas. En caso de que se presenten lluvias moderadas o fuertes, es posible que los valores de turbidez cambien y superen los límites permitidos.

Los valores de turbidez están relacionados con los valores de sólidos disueltos totales (SDT), ya que ambos parámetros se mantienen por debajo de los límites establecidos por la normativa. Esto indica que los valores han sido medidos correctamente. Además, los valores de turbidez ayudan a determinar el grado de tratamiento necesario para las aguas crudas, ya que cuanto mayor es la turbidez, más complicado es el tratamiento requerido (Carpio, 2007). En nuestro estudio, se observan algunos valores ligeramente elevados, como en el punto 1, con 11.30 y 13.40 NTU. Estos valores pueden justificarse por la presencia de partículas suspendidas como sedimentos, arcilla, arena o materia orgánica ligeras ya que nos son muy significativas estos valores. En el estudio de Tapia (2021), se menciona que las muestras fueron tomadas durante la época de lluvias, lo que provoca un mayor arrastre de partículas y puede generar variaciones en los datos de este parámetro.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

La morfometría indica que la microcuenca "Quebrada Tres Marías" posee un territorio de 10,78 km², ocupando un 40,40 % en toda el área parroquial de Turi, su altitud se encuentra entre 2560 y 3040 ms.n.m, el tiempo de concentración del agua es muy lenta, dando a conocer su bajo caudal para transportar una gota de lluvia hacia la parte baja, es considerada una microcuenca ligeramente alargada siendo propensa a posibles inundaciones en eventos con precipitaciones altas, esto puede tener algunas implicaciones hidrológicas y ambientales como: alterar su cauce principal y tener problemas de erosión influyendo en la configuración de la cuenca y la calidad del agua.

Su longitud principal es aportada por una red hídrica con 22 cauces naturales de agua denominadas perennes la cual da origen a la quebrada Tres Marías, misma que es alimentada por las quebradas Solitario, Talanquera, Mulahuaycu y Agua Santa, que llegan a unir sus aguas en el río Tarqui, la microcuenca de la quebrada Tres Marías está en un estado de equilibrio en su fase de maduración por lo tanto no se considera zona de alto riesgo erosivo.

Durante los recorridos de campo y utilizando la matriz de importancia de Conesa Fernández, se identificaron cuatro impactos críticos en los componentes de suelo, agua y biota. En el componente de suelo, se observó una disminución en la cobertura vegetal debido a actividades agrícolas y ganaderas. En el componente de agua, se encontraron alteraciones en las propiedades físico-químicas debido a la descarga de aguas residuales provenientes de camal, así como la presencia de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que afectan los ecosistemas acuáticos y terrestres. En el componente de biota, se identificó un desequilibrio ecológico causado por la presencia de plantas no nativas en el hábitat, como susanita, cortaderia seollana y otras especies invasoras.

De manera general el agua de la quebrada Tres Marías se encuentra en un estado moderadamente contaminada (calidad mediana), lo que indica que existen ciertos factores ya mencionados que afectan su estado ambiental. La calidad del agua si bien no se encuentra en un estado óptimo, tampoco se encuentra en una condición crítica. Resulta imprescindible implementar acciones encaminadas a mejorar la calidad y asegurar la conservación de este importante recurso natural.

El ICA determina que el agua de la quebrada Tres Marías no es adecuado para el consumo humano sin antes darle un tratamiento de potabilización adecuado y además serian inaceptables para la conservación de la vida en los ecosistemas acuáticos (existencia de peces). Los valores con más significancia fueron los puntos de: Punta Corral (parte media) y el Cisne (parte baja) dando una mala calidad en los 3 monitoreos establecidos; obteniendo para la parte media el 20 enero 50,17 y el 3 de febrero 50,40; para la parte baja el 24 de febrero se obtiene 45,53 el dato más bajo de todos los 3 monitoreos.

No existe gran variación en los resultados del ICA NSF entre la toma de muestras de enero y febrero por lo que no podría considerarse para una diferenciación climatológica entre estos 2 meses ya que en los tres monitores no se presenciaron precipitaciones pero sí actividades antrópicas, llegando a variar los resultados en cada punto de muestreo.

La normativa aplicada en este estudio determina que los parámetros como coliformes fecales y oxígeno disuelto incumplen con los estándares establecidos por el acuerdo ministerial 097a del libro VI, tanto en los criterios de consumo humano y doméstico previo tratamiento, criterios de preservación de la vida acuática y criterios para uso pecuario, en ciertos monitores el DBO5 también incumple en las partes media y baja, en cuanto a los parámetros: pH, sólidos totales, nitratos y turbiedad, se encuentra en un estado aceptable por disposición de la normativa.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

Es importante establecer programas de monitoreo regular para recopilar datos actualizados sobre los parámetros morfométricos de la microcuenca. Esto permitirá realizar un seguimiento de los cambios a lo largo del tiempo y evaluar cualquier impacto o alteración en la morfología de la microcuenca.

Adoptar un enfoque holístico y sostenible en la gestión de la microcuenca "Quebrada Tres Marías", que incluya la conservación de la vegetación, el control de la erosión, la participación comunitaria y una planificación integrada. Esto ayudará a preservar la morfología de la microcuenca y garantizar una gestión adecuada de la gestión responsable de los recursos hídricos para el bienestar de la comunidad y el ecosistema.

Se requiere llevar a cabo estudios hidrológicos más exhaustivos tanto en la microcuenca de la Quebrada Tres Marías como en la microcuenca de la Quebrada El Solitario, ambas ubicadas en la parroquia Turi y cuyas redes hídricas desembocan en el río Tarqui. Para gestionar de manera sostenible los recursos hídricos, evaluar los riesgos, proteger la calidad del agua y preservar los ecosistemas acuáticos en la parroquia de Turi, es crucial realizar estos estudios. El objetivo es comprender la dinámica y funcionalidad de las microcuencas, lo que permitirá tomar decisiones fundamentadas para asegurar un uso eficiente y responsable del agua.

Es fundamental promover acciones destinadas a conservar el suelo, ya que la erosión es un problema común en la agricultura y la ganadería. Se deben fomentar prácticas de conservación del mismo, como la adopción de técnicas de siembra directa, la implementación de terrazas y la práctica de la rotación de cultivos. Asimismo, es necesario capacitar a los pobladores en buenas prácticas agrícolas con el objetivo de minimizar la erosión y mantener la salud del suelo. De esta manera, se contribuirá a preservar los recursos naturales y garantizar la sustentabilidad de las actividades agrícolas y ganaderas.

Es necesario implementar un manejo adecuado del ganado en las áreas cercanas y en las orillas de la quebrada para evitar el sobrepastoreo, ya que este puede debilitar la vegetación y aumentar la erosión del suelo. Una estrategia efectiva es emplear técnicas de pastoreo rotacional, que permiten que la vegetación se recupere y brindan períodos de descanso a las áreas de pastoreo. De esta manera, se promoverá la salud de la vegetación, se preservará la calidad de la quebrada y reducirá la erosión del suelo.

Organizar campañas periódicas de limpieza en los alrededores de la quebrada, involucrar a la comunidad y grupos de voluntarios, crear comités vecinales o grupos de trabajo encargados de planificar y ejecutar la limpieza, promover la educación ambiental incentivando al reciclaje y concientizando sobre la importancia de disponer adecuadamente los residuos sólidos. Elaborar un

plan de gestión de residuos con la empresa pública EMAC EP y entidades del GAD parroquial para tener un manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

Controlar las aguas residuales de camal aplicando buenas prácticas de manejo de aguas residuales, incluyendo la recogida y la gestión adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados por esta actividad y aplicar sistemas de filtración y desinfección, para reducir la carga contaminante antes de su descarga en la quebrada.

Elaborar un plan de restauración de las riberas que incluya la selección de las especies nativas apropiadas, el diseño y dispersión espacial de las plantas, considerando las condiciones específicas del sitio, como el suelo, la exposición al sol y la disponibilidad de agua e involucrar a comunidades local en los proyectos de restauración de riberas de la quebrada, promoviendo la educación sobre la importancia de las especies nativas y la conservación de los ecosistemas riparios. Trabajar en conjunto con expertos en restauración ecológica, con autoridades locales y las organizaciones ambientales para lograr resultados exitosos.

Es importante implementar monitoreos regulares, ya sea mensuales o estacionales, para medir la calidad del agua y poder rastrear los cambios a lo largo del tiempo. A través de estos monitoreos se requiere el seguimiento y levantamiento de información sobre su estado y composición. Para lograr aún más resultados significativos, las comunidades locales, las autoridades ambientales y otras partes interesadas deben participar activamente. Trabajar en conjuntos para administrar los recursos hídricos asegurará una estrategia completa y duradera para mejorar la calidad del agua de la quebrada Tres Marías.

Aplicar diferentes tipos de índices de calidad del agua ya que existe varias fórmulas y métodos los que se podrían utilizar, además, de que utilizan más parámetros a medir que del método NSF, como ejemplo en el método de Dinius utiliza 12 parámetros, de Horton que utiliza 18 parámetros, el de Oregón que utiliza 8 parámetros entre otros., mediante la variación de parámetros y formulas estos nos podrán brindar un valor más preciso sobre la calidad de agua de la quebrada Tres Marías.

Implementar estrategias de gestión integral para mejorar la calidad del agua promoviendo prácticas sostenibles en las actividades tanto ganaderas como agrícolas, al mismo tiempo que se fomenta la protección y conservación de los ecosistemas ribereños.

REFERENCIAS

- Abbasi, T., & Abbasi, S. . (2012). *Water Quality Indices*. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-54304-2.00001-4>
- Acevedo, K., & Ballesteros, A. (2019). *Estudio preliminar de la calidad del agua en la quebrada La Balsa y valoración socioeconómica de la comunidad del Vergel (Ibagué - 2018)* [UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SECCIONAL GIRARDOT]. [https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/4716/Estudio preliminar de la calidad del agua en la quebrada la balsa y valoración socioeconómica de la comunidad del Vergel %28Ibagué - 2018%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/4716/Estudio%20preliminar%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20en%20la%20quebrada%20la%20balsa%20y%20valoraci%C3%B3n%20socioecon%C3%B3mica%20de%20la%20comunidad%20del%20Vergel%20Ibagu%C3%A9%20-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Adriano, A. D., & Guerra, R. C. (2021). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, DE LA QUEBRADA SAN SEBASTIÁN, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8830/3/Tesis%2C Adriano - Guerra %282%29.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8830/3/Tesis%2C%20Adriano%20-%20Guerra%282%29.pdf)
- Aguirre, N. (2007). *MANUAL PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS*. https://www.academia.edu/31926541/Universidad_Nacional_de_Loja
- Albarracín, S. L. (2019). *Propuesta de manejo integral para la subcuenca hidrográfica del río Tarqui, provincia del Azuay* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17305/1/UPS-CT008251.pdf>
- Albuja, P. A. (2013). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA QUEBRADA ASHINTACO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Alcántara, J. L. (2015). *CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA PUYLLUCANA-BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARCGIS* [Universidad Nacional de Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/102/T 551 A347 2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/102/T551A3472015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alvarez, A., Panta, E. R., Reyes, F. G., José, J., Cabañero, A., Acosta, E. H., Ayala, C. R., Saenz, E. M., Salcedo, F. P., Nicolas, E. N., & Sosa, E. S. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac , Hidalgo , México : Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botanica Experimental*, 75, 72–83. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v75/v75a07.pdf>
- Álvarez, M. (2017). *Caracterización y diagnóstico preliminar en la microcuenca del río Siquiaries, Alajuela, para promover su manejo apropiado*. <https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8693>
- ANAYA, O. G. (2012). CARACTERIZACION MORFOMETRICA DE LA CUENCA HIDROGRAFICACHINCHAO, DISTRITO DE CHINCHAO, PROVINCIA HUANUCO, REGIONHUANUCO. In *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. https://www.academia.edu/12338571/CARACTERIZACION_MORFOMETRICA_DE_LA_CUENCA_HIDROGRAFICA_CHINCHAO_DISTRITO_DE_CHINCHAO_PROVINCIA_DE_HUANUCO
- Andrade, A. A., & Carrión, W. V. (2018). *“Plan de manejo para la recuperación ambiental del estero El Macho, cantón Machala”* [UNIVERSIDAD DE CUENCA]. file:///C:/Users/ING. FERNANDO GARCIA/Desktop/Fernando García/INVESTIGACION/Rio Tomebamba/Indices de calidad/Trabajo de titulación TESIS MACHALA.pdf
- Asamblea Nacional Constituyente, R. D. E. (2008). Constitución De La República Del Ecuador. *Registro Oficial 449 de 20 Oct. 2008*, 1–136. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., & Andreoli, Y. (2006). Calidad de agua para consumo y riego en Mar del plata Argentina. *RIA. Revista de Investigaciones*

- Agropecuarias, 35(3), 95–110. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86435307.pdf>
- Baque, R., Simba, L., Gonzales, B., Suatunce, P., Diaz, E., & Cadme, L. (2016). Calidad de agua destinada al consumo humano. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 109–117. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/357/309>
- Beltrán, A., Mendieta, P., & Vanegas, J. (2013). Calidad del Agua y contaminates en el río Tarqui. *Galileo*, 115–121. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30013>.
- Benavides, H. (2019). *¿Qué son los recursos hídricos y cuáles son los principales del Ecuador? Dialoguemos La Academia de La Comunidad*. <https://dialoguemos.ec/2019/05/que-son-los-recursos-hidricos-y-cuales-son-los-principales-del-ecuador/>
- Blanco, J. F. (2012). Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas*, 31(91), 1–18. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.331495>
- Bravo, A. M. (2019). *Propuesta de manejo integral para la microcuenca hidrográfica del río Burgay bajo, provincia del Cañar* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17934>
- Brown, R. . (1970). *A Water Quality Index-Do We? Water and Sewage Works*.
- Calderón, M. M. (2011). “DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA MEJORAR LA OFERTA TURÍSTICA DE LOS ONCE CENTROS DE TURISMO COMUNITARIO FILIALES A LA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE TURISMO COMUNITARIO DE CHIMBORAZO - CORDTUCH.” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Calle, T. C. (2021). ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE DIATOMEAS EPILÍTICAS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN EL RÍO TARQUI. [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Campos, D. F. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico* (2nd ed.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331>
- Cárdenas, P. A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del Río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19608%0Ahttps://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19608>
- Carpio, T. (2007). Turbiedad Por Nefelometría (Metodo B). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, 1, 1–9. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometría..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>
- Carrillo, M. S., & Urgilés, P. D. (2016). “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA -NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG.” UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- COA. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-Abr.-2017*, 1–92. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Conesa, V. (2010). *GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL* (cuarta). MUNDIPRENSA.
- Cordón, U., Johnson, W., & Cordón, E. (2008). Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la cuenca Bilwi Tingni, Puerto Cabezas, RAAN. *Ciencia E Interculturalidad*, 2(2), 28–43. <https://doi.org/10.5377/rci.v2i2.571>
- Croijmans, L., Jong, J. F. De, & Prins, H. H. T. (2021). Oxygen is a better predictor of

- macroinvertebrate richness than temperature — a systematic review OPEN ACCESS Oxygen is a better predictor of macroinvertebrate richness than temperature — a systematic review. *IOP Publishing*, 1(16), 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9b42>
- Cruz, B., Gaspari, Fernanda Julia Rodríguez Vagaría, A. M., Carrillo González, F. M., & Téllez López, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 23(64), 26–34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67441039004>
- Duarte, F. H. (2015). Diagnóstico de la microcuenca Los Amates, cuenca gran de Zacapa. In *UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR*.
- Effendi, H., Romanto, & Wardiatno, Y. (2015). Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.030>
- El Universo. (2017). *INEC midió la calidad de agua que consumen los ecuatorianos*. El Universo.
- Espejo, J. C., & Tenelanda, P. A. (2018). *Estudio de la calidad del agua : caso de estudio del río Déleg - provincia del Cañar*. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Espinal, J. V. B. (2004). *Institucionalidad y legislación en el manejo de los recursos naturales con énfasis en el recurso hídrico de la Microcuenca la Soledad , Valle de Ángeles , Honduras*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Espinoza, J. F. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca*. [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34103>
- Faustino, J., & Chaves, G. (2015). Unidad III: Análisis de contexto, caracterización y diagnóstico. Costa Rica. *CATIE*, 27.
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. *CATIE*, 35. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8431/Manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf?sequence=1
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
- Fernandez, N. J., & Solano, F. (2005a). *Capítulo I LA CALIDAD DEL AGUA*. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo1.pdf
- Fernandez, N. J., & Solano, F. (2005b). *Capítulo III ÍNDICES DE CALIDAD (ICAs) Y DE CONTAMINACIÓN (ICOs) DEL AGUA DE IMPORTANCIA MUNDIAL*. UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Flores, L. A. (2022). *Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Tomebamba Basado En Un Análisis Jerárquico Para Identificar Los Pesos De Los Parámetros De Un Índice Propio De Calidad Del Agua*. Universidad de Cuenca.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- GAD DE CUENCA. (2013). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA TURI. In *Alcaldía de Cuenca*.
- GAD DE TURI. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA*

PARROQUIA RURAL TURI, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY. 543.

- GAD TURI. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL TURI, CANTON CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY* (p. 543). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- García, M. (2009). La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración. El problema de la escasez del agua. *CENoposiciones*, 978-84-92767-07-6, 1–24. <https://www.researchgate.net/publication/263925744%0ALa>
- García, A. F., Campos, J. J., Villalobos, R., Jiménez, F., & Solórzano, R. (2005). Enfoques de manejo de recursos naturales a escala de paisaje: Convergencia hacia un enfoque ecosistémico. In *CATIE*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1635>
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., & Montealegre, F. A. (2019). Manejo De Cuencas Hidrográficas Herramientas De Sistemas De Información Geográfica. In *Universidad Nacional de la Plata* (Primera). <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/1290>
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, I., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 4, 144–158. <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showToc>
- González, A. M. (2019). *Evaluación de la Calidad de Agua captada para el abastecimiento a la ciudad de Baños de Agua Santa mediante el ICA-NSF* [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18145/1/T-UCE-0012-FIG-091.pdf>
- Guadarrama, R., Kido, Juan, R., Gustavo, & Salas, M. (2016). Contaminación de agua. *ECORFAN* ® *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guanga, J. V. (2016). Diagnóstico Ambiental De La Calidad De Agua Del Rio Chimbadero De La Ciudad De Tena Mediante El Análisis Físico, Químico Y Microbiológico, Para Proponer Un Plan De Manejo Ambiental [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA]. In *Universidad Nacional De Loja*. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf
- HACH. (2023). *Sólidos (totales y disueltos)*. HACH. <https://es.hach.com/parameters/solids>
- Heredia, S. M. (2022). La contaminación de los recursos hídricos del Cantón Riobamba y la vulneración de los derechos de sus habitantes y de la naturaleza [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]. In *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Hernández, C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora , en la Comunidad de 4 Millas de Matina , Limón .* [UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA]. [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13212/Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuestas de alternativas....pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13212/Evaluación%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20y%20propuestas%20de%20alternativas....pdf?sequence=7&isAllowed=y)
- Hernandez, F., Nolasco, E., & Salguero, M. E. (2016). *Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquipata, Santa Ana, El Salvador*. [ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS]. [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11070/1/Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del Cromo Hexavalente en la parte alta del río Suquiapa%2C Santa Ana%2C El Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11070/1/Determinación%20del%20índice%20de%20calidad%20del%20agua%20NSF%20y%20modelación%20del%20Cromo%20Hexavalente%20en%20la%20parte%20alta%20del%20río%20Suquiapa%2C%20Santa%20Ana%2C%20El%20Salvador.pdf)
- Hinojoza, N. B. (2018). Evaluación de la calidad del agua del río San Pedro, sector valle de los Chillós, mediante el índice de calidad de agua [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. In *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16821/1/T-UCE-0012-FIG-044.pdf>

- INEN 2169. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. *Norma Tecnica Ecuatoriana*, 1(1), 1–26.
- INEN 2176. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176 : 2013. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion*, 1(1), 1–15. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-TÉCNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051#:~:text=1.1 Esta norma establece guías,aguas residuales para su caracterización.&text=2.1 Esta norma se aplica a las técn>
- Lecca, R., & Lizama, R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71–80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Maass, M., & Cotler, H. (2007). El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. In *El manejo integral de cuencas en México* (pp. 41–58).
- Mantilla, R., Mesa, O., & Poveda, G. (1998). Geometría , topología y morfometría de la cuenca Magdalena-Cauca y de la cuenca del río Atrato a partir de modelos digitales de terreno. *Universidad Nacional de Colombia, Medellín, May 2014*, 1–12. <https://www.researchgate.net/publication/255655679%0AGeometría>,
- Marín Galvín, R. (2018). Físicoquímica Y Microbiología De Los Medios Acuáticos. In *Tratamiento y control de calidad de agua* (segunda). Díaz de Santos. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>
- Mendoza, G. G. (2019). LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS Y LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JIPIJAPA MANABÍ ECUADOR. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ.
- Ministerio del Ambiente. (2002). *División Hidrografica Del Ecuador*. http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_d t 3_Ax2.pdf
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Microcuencas*. GOV.CO. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/microcuencas/>
- Moreno C, B., Soto, K., & González, D. (2015). El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular. *Rev Chil Nutr*, 42(2), 199–205. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200013
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 9–44. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Peñafiel, A. G. (2014). *Evaluación de la Calidad del Agua del Rio Tomebamba Mediante el Índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf>
- Pérez, E. G., & Pedraza, J. (2011). P ROPIEDADES ELECTRÓLISIS Y DEL HIDRÓGENO. VERTIENTES *Revista Especializada En Ciencias de La Salud*, 14(1), 5–13. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vertientes/vre-2011/vre111a.pdf>
- Pérez, G., Arriola, J., García, T., Saldaña, M. L., & Mendoza, J. C. (2016). Evaluación de la calidad del agua de cuatro Jagüeyes del parque estatal “Flor del Bosque”, Puebla, México. *Ra Ximhai*, 12(4), 153–168. <https://doi.org/10.35197/rx.12.01.e1.2016.09.gp>
- Pérez López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 29(3), 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pesántez, M. K., & Roldán, A. P. (2021). *RELACÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA*


QUEBRADA EL SALADO CON EL USO DE SUELO URBANO Y PERIURBANO DE LA PARROQUIA BAÑOS [UNIVERSIDAD DE CUENCA].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36142>

- Pineda, J. (2022). *Recursos Hídricos*. Encolombia.
<https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/recursos-hidricos/>
- Pontón, M. R. (2018). Evaluación De La Calidad Del Agua De La Microcuenca Del Río Piñas Mediante Los Índices Ica Y Bmwp. In *Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Putz, P. (2008). Eliminación y determinación de fosfato. *UNITED FOR WATER QUALITY*.
file:///C:/Users/lenin/Downloads/DOC040.61.10011.pdf
- Quilumbaqui, C. (2017). Determinación de la concentración de elementos mayores en dieciocho ríos de la provincia de Pichincha. In *Universidad San Francisco de Quito*.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/30330/NR12770.pdf?sequence=1>
- Quino, I., & Quintanilla, J. (2013). ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL LAGO POOPÓ -. *REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA*, 30(1), 91–101.
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v30n1/v30n1a13.pdf>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *CIH Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41–51.
<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Rabanal, D. J. (2018). "ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES DEL BARRIO LA BREÑA OCASIONADO POR AVENIDAS EXTRAORDINARIAS DEL RÍO GRANDE DE CELENDÍN – CAJAMARCA" [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA].
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2031/TESIS_DYANGO_JHASMELL_RABANAL_SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, J. L. (2015). Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador. *Universidad Nacional de La Plata, Argentina*, 136.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/Documento_completo.pdf-PDFA-U.pdf?sequence=3
- Reder, K., Flörke, M., & Alcamo, J. (2015). Modeling historical fecal coliform loadings to large European rivers and resulting in-stream concentrations. *Environmental Modelling and Software*, 63, 251–263. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.10.001>
- Rizo, R., Romero, L. J., & Zeledón, J. J. (2011). *Caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca La Jabonera, perteneciente a la subcuenca del Río Estelí* [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA UNAN–Managua].
<https://repositorio.unan.edu.ni/1853/1/14261.pdf>
- Samaniego, G. A. (2019). "Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos." UNIVERSIDAD DE CUENCA Facultad.
- Sánchez, C. (2022). *En Cuenca no hay un catastro actualizado sobre las quebradas*. El Mercurio.
<https://elmercurio.com.ec/2022/02/16/en-cuenca-no-hay-un-catastro-actualizado-sobre-las-quebradas/>
- Severiche, C. A., Castillo, M. E., & Acevedo, R. L. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Biblioteca virtual eumed.net.
[https://doi.org/Biblioteca Virtual EUMED.NET](https://doi.org/Biblioteca%20Virtual%20EUMED.NET)
- Sierra, C. A. (2011). Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico(Estadística IMPORTANTE). In L. E. Leonardo (Ed.), *Universidad de Medellín* (Ediciones, Vol. 1, Issue 1).
- SIGTIERRAS. (2017). Mapa Digital, Órdenes de suelos del Ecuador. Escala 1:4 300.000. Quito, Ecuador. *Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*, 15.

- Sterling, A., Santoss, M., & Rueda, M. (1999). *Impacto Ambiental en Cuencas Hidrográficas. Metodología para la realización de estudios*. SENA. https://repositorio.sena.edu.co/sitios/impacto_ambiental_cuencas_hidrograficas/#
- Tapia, E. J. (2021). *DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NARANJO, DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS PARA LA COMUNIDAD CERCALOMA* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Torres, F. J. (2009). Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico [UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ]. In *Universidad De Puerto Rico Recinto Universitario De Mayagüez*. http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf
- Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Carlos, J., Pérez, A., Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Carlos, J., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 30(3), 86–95. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34103>
- Torres, P., Hernán Cruz, C., & Janeth Patiño, P. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79–94. <https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>
- Torrez, C. A. (2018). *Planteamiento De Una Metodología Para El Cálculo De Un Índice De Calidad Del Agua Para El Río Machángara, Cuenca Alta Del Río Guayllabamba*.
- Valcarcel, L., Alberro, N., & Frías, D. (2008). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Revista Electrónica de La Agencia de Medio Ambiente*, 10(18), 1–5. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/141>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (primera, Vol. 1, Issue 0). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Díaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M., & Alcántara, J. (2016). Manejo Y Gestión de Cuencas Hidrográficas. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>
- Verberk, W. C. E. P., Bilton, D. T., Calos, P., & Spicer, J. I. (2011). Oxygen supply in aquatic ectotherms: Partial pressure and solubility together explain biodiversity and size patterns. *Ecology*, 92(8), 1565–1572. <https://doi.org/10.1890/10-2369.1>
- Verdugo, M. (2017). “Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico.” In *Universidad Politécnica Salesiana* (Vol. 1, Issue 1). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14381/1/UPS-CT007051.pdf>
- Yaguachi, T. M. (2013). *DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO JUBONES EN LA PROVINCIA DE EL ORO* [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282>
- Zhicay, L. J. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>
- Zumbado, F., & Mesén, R. (2018). Gestión de cuencas y turismo. Caso de la cuenca del Río Frío, Guatuso, Costa Rica. *Economía Sociedad y Territorio*, 8, 141–163. <https://doi.org/10.22136/est01110>

ANEXOS

Anexo 1: Impactos identificado en los recorridos de campo



Universidad Católica de Cuenca


Ficha técnica de campo			
Fecha: 18 y 19 de enero del 2023			
Puntos de muestreo (Pm)	Coordenadas		Impacto Identificado
	x	y	
1	721585	9671998	-Presencia de residuos sólidos como plástico. -Presencia de parcelas 30*30 m2 de maíz -Construcción de estructura de madera y criadero de animales porcino, vacuno y ovino
2	719978	9674567	-Presencia de residuos sólidos como de: construcción, neumáticos, animales en descomposición, madera entre otros. -Construcción de estructura de madera y criadero para animales porcino - Presencia de parcelas 30*30 m2 de hortalizas y maíz -Construcción de viviendas a 5m de distancia de la quebrada -Construcción de puentes peatonales y para automóviles -Presencia de animales vacuno ovino y caballo pastando -Deforestación de plantas de eucalipto -Construcción de pozos sépticos a 5 m de distancia de la quebrada -Presencia de malezas en el agua como: musgos, plantas acuáticas mal olor
3	719248	9676458	-Presencia de residuos sólidos como plásticos y residuos de construcción -Parcelas 30*30m2 de maíz, hortalizas y ray-gras -Construcción de puentes peatonales y para automóviles -Descarga o desagües de aguas de lluvia y aguas residuales -Presencia de ganado vacuno pastando -Presencia de viviendas a 10 m de distancia de la quebrada - Construcción de estructura de madera y criadero para animales porcino -Presencia de malezas en el agua como: musgos, y restos de materia orgánica

www.ucacue.edu.ec

Cuenca: Av. de las Américas y Tarqui. Telf: 2830751, 2824365, 2826563 Azogues: Campus Universitario "Luis Cordero El Grande", (Frente al Terminal Terrestre).
 Telf: 593 (7) 2241 - 613, 2243-444, 2245-205, 2241-587 Cañari: Calle Antonio Ávila Clavijo. Telf: 072235260, 072235870 San Pablo de la Troncal: Cdo. Universitaria
 km. 72 Quinceava Este y Primera Sur Telf: 2424110 Macas: Av. Cap. José Villanueva s/n Telf: 2700392, 2700392

Figura 23: Impactos identificado en los recorridos de campo

Anexo 2: Parámetros medidos en campo y laboratorio



Universidad Católica de Cuenca

Parámetros	20 de enero 2023			3 de febrero 2023			24 de febrero 2023		
	Pm1	Pm2	Pm3	Pm1	Pm2	Pm3	Pm1	Pm2	Pm3
In-situ (campo)									
Temperatura (C°)	13.76	16.03	18.16	11.43	14.93	17.13	13.3	14.13	15.36
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.60	3.71	6.97	6.79	3.70	5.11	6.79	3.45	1.88
pH	7.12	7.35	7.36	6.82	7.0	7.20	8.54	8.21	8.01

Parámetros	20 de enero 2023			3 de febrero 2023			24 de febrero 2023		
	Pm1	Pm2	Pm3	Pm1	Pm2	Pm3	Pm1	Pm2	Pm3
Ex-situ (Laboratorio)									
Fosfatos (mg/L)	6.39	9.16	5.52	2.94	3.41	3.78	5.65	4.71	7.77
Nitratos (mg/L)	0.5	0.8	1.0	0.5	0.8	0.6	0.5	0.6	0.4
DBO5 (mg/L)	N/D	45	N/D	N/D	14	7,4	N/D	N/D	39
Turbidez (NTU)	11.3	10.4	7.33	6.54	9.82	3.47	13.4	4.84	4.09
Sólidos disueltos totales (PPM)	148	230	410	178	241	268	144	214	263
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	540	>1600	>1600	540	>1600	>1600	540	>1600	>1600

www.ucacue.edu.ec

Cuenca: Av. de las Américas y Tarqui. ☎ Telf: 2830751, 2824365, 2826563 **Azogues:** Campus Universitario "Luis Cordero El Grande", (Frente al Terminal Terrestre). ☎ Telf: 593 (7) 2241 - 615, 2243-444, 2245-205, 2241-587 **Cañar:** Calle Antonio Ávila Clavijo. ☎ Telf: 072235268, 072235870 **San Pablo de la Troncal:** Cda. Universitaria km.72 Quinceava Este y Primera Sur ☎ Telf: 2424110 **Macas:** Av. Cap. José Villanueva s/n ☎ Telf: 2700383, 2700392

Figura 24: Parámetros medidos en campo y laboratorio

Anexo 3: Curvas estandarizadas de cada parámetro empleado para el valor del Subíndice

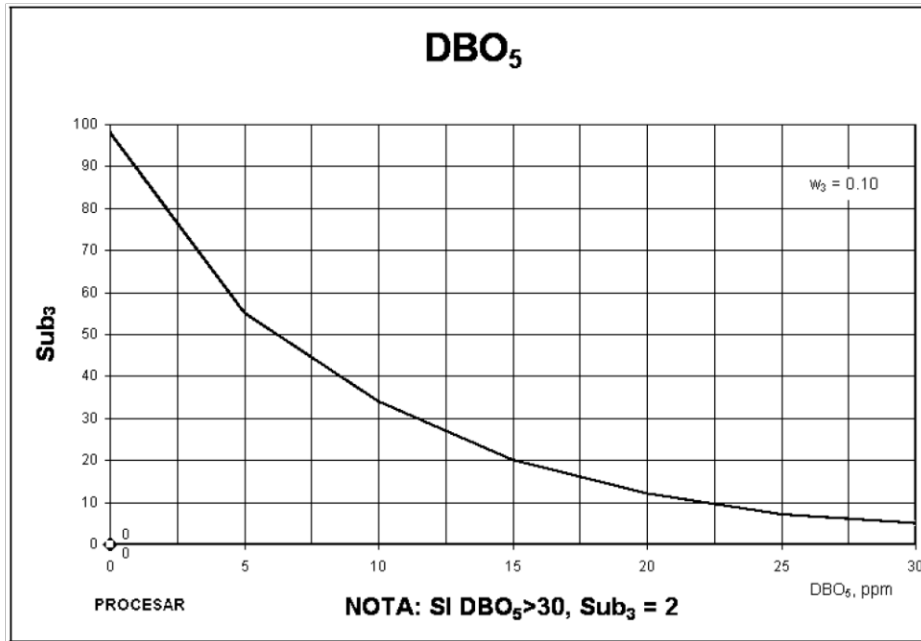


Figura 25: Curvas estandarizadas de cada parámetro empleado para el valor del Subíndice

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

VALORES DE OXÍGENO DISUELTOSATURADO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y TEMPERATURA											
TEMPERATURA ° C											
ALTURA (m)	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
1900	10.34	9.8	9.31	8.86	8.44	8.06	7.7	7.38	7.07	6.79	6.52
2000	10.21	9.68	9.2	8.75	8.34	7.96	7.61	7.28	6.98	6.70	6.44
2100	10.08	9.56	9.08	8.64	8.23	7.86	7.51	7.19	6.89	6.61	6.35
2200	9.95	9.44	8.97	8.53	8.13	7.76	7.41	7.10	6.80	6.53	6.27
2300	9.83	9.32	8.85	8.42	8.02	7.66	7.32	7.01	6.72	6.44	6.19
2400	9.70	9.20	8.74	8.32	7.92	7.56	7.23	6.92	6.63	6.36	6.11
2500	9.58	9.09	8.63	8.21	7.82	7.47	7.13	6.83	6.54	6.28	6.03
2600	9.46	8.97	8.52	8.11	7.72	7.37	7.04	6.74	6.46	6.20	5.95
2700	9.34	8.86	8.42	8.00	7.63	7.28	6.95	6.66	6.38	6.12	5.88
2800	9.23	8.75	8.31	7.90	7.53	7.18	6.87	6.57	6.30	6.04	5.80
2900	9.11	8.64	8.20	7.80	7.43	7.09	6.78	6.49	6.22	5.96	5.72
3000	9.00	8.53	8.10	7.71	7.34	7.00	6.69	6.4	6.14	5.89	5.65
3100	8.88	8.42	8.00	7.61	7.25	6.91	6.61	6.32	6.06	5.81	5.58
3200	8.76	8.31	7.90	7.51	7.16	6.82	6.53	6.24	5.98	5.73	5.51

Figura 26: Tabla de concentración de oxígeno disuelto con respecto a altura y temperatura

Fuente: (Brown 1970, citado en Carrillo & Urgilés, 2016)

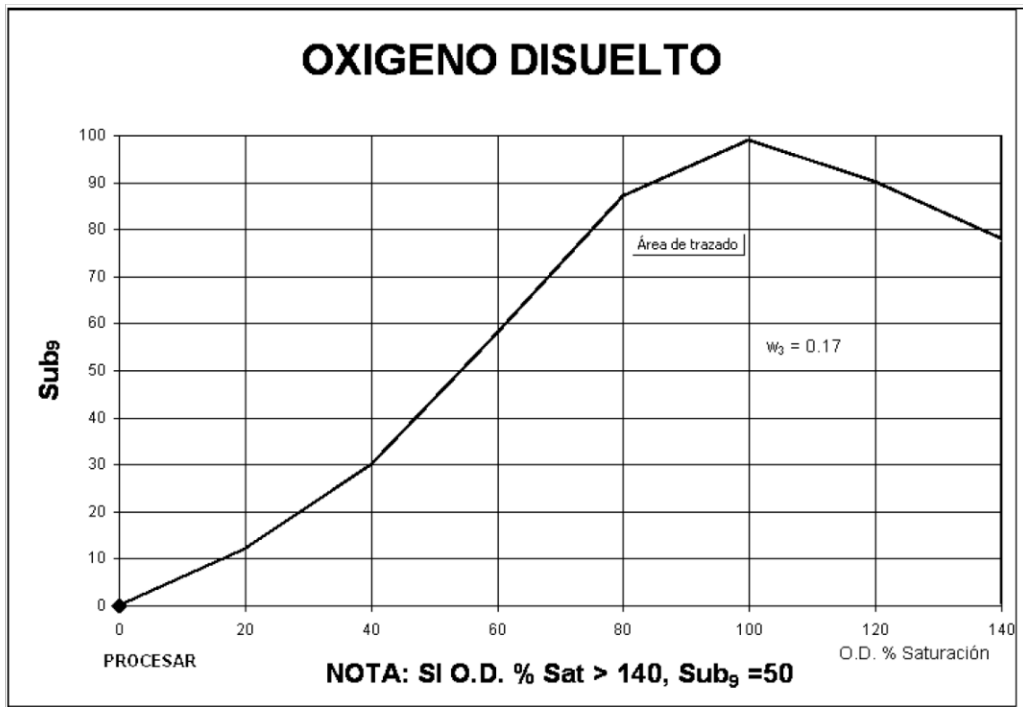


Figura 27: Evaluación de la calidad del agua basada en Oxígeno Disuelto

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

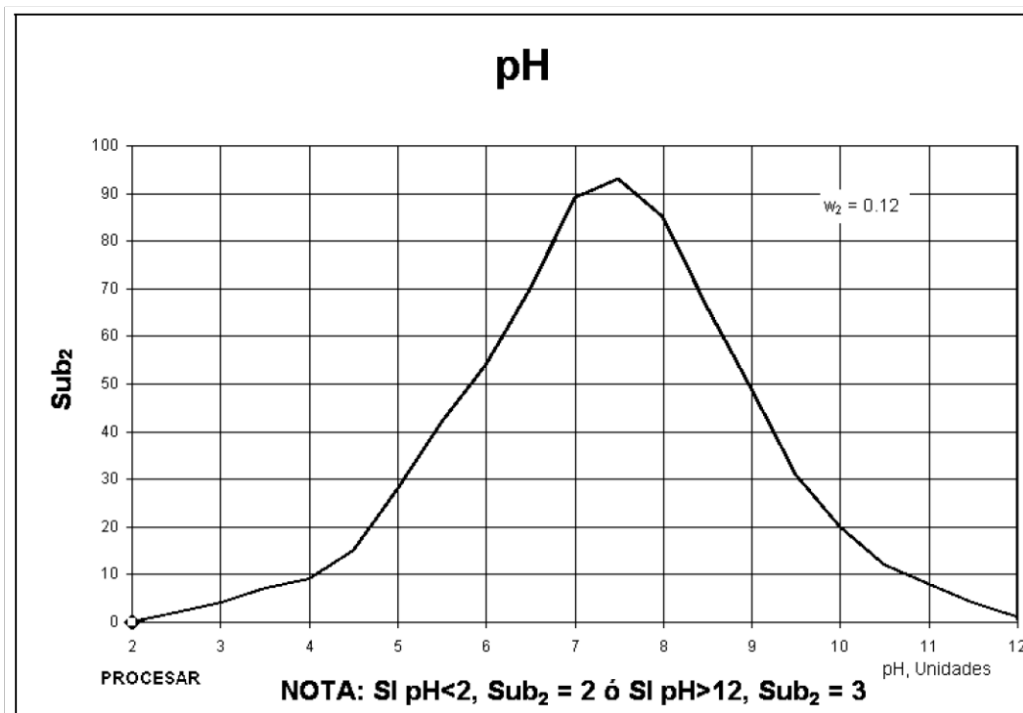


Figura 28: Evaluación de la calidad del agua basada en el pH

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

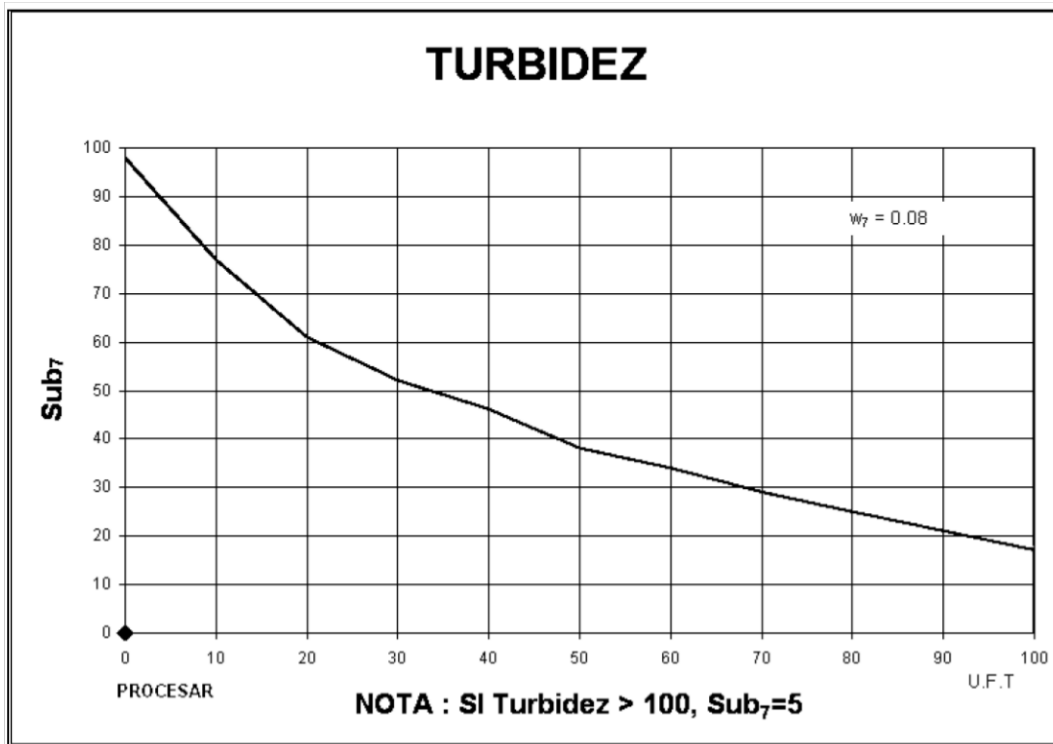


Figura 29: Evaluación de la calidad del agua basada en la variación de la Turbiedad

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

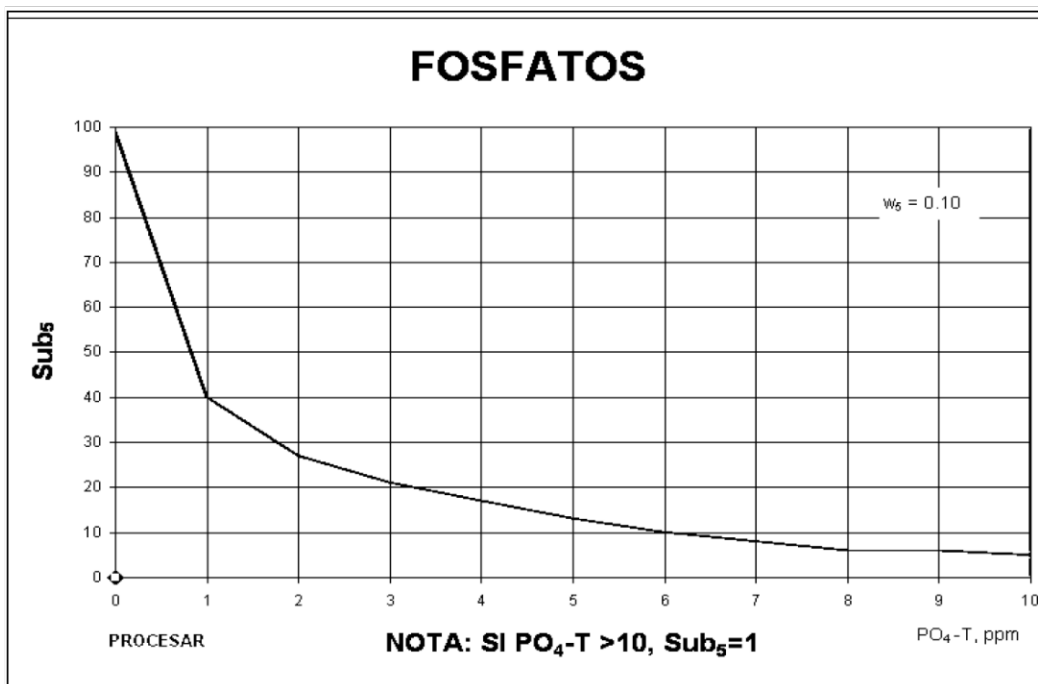


Figura 30: Evaluación de la calidad del agua basada en la función de los fosfatos

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

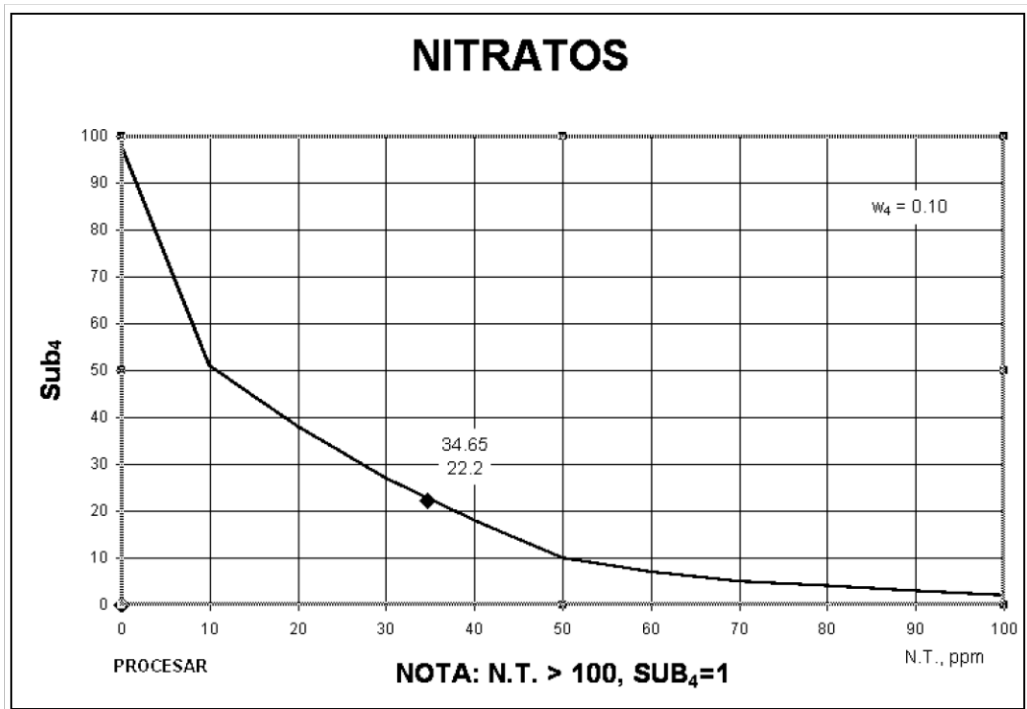


Figura 31: Evaluación de la calidad del agua basada en función de los Nitratos

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

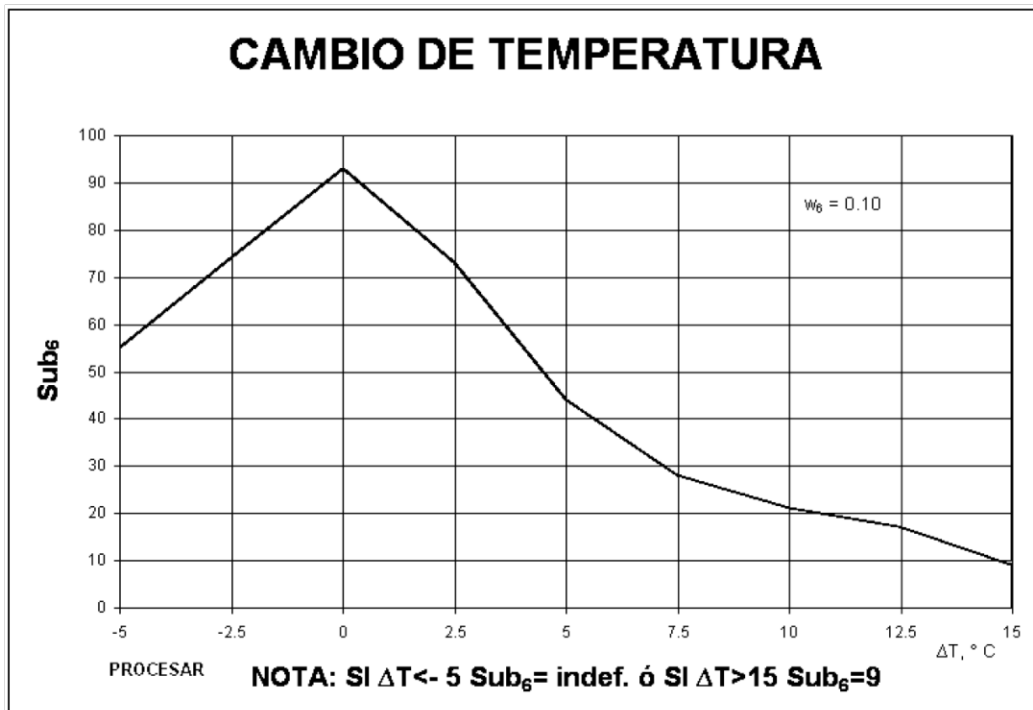


Figura 32: Evaluación de la calidad del agua basada en la variación de la temperatura

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

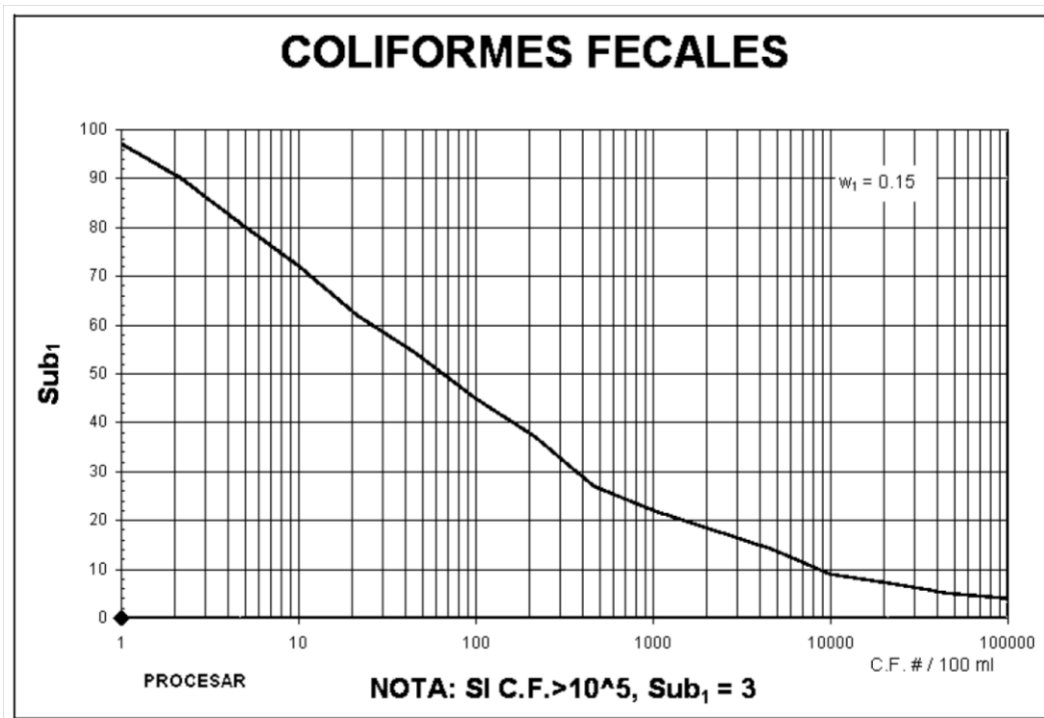


Figura 33: Evaluación de la calidad del agua basada en los Coliformes Fecales

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

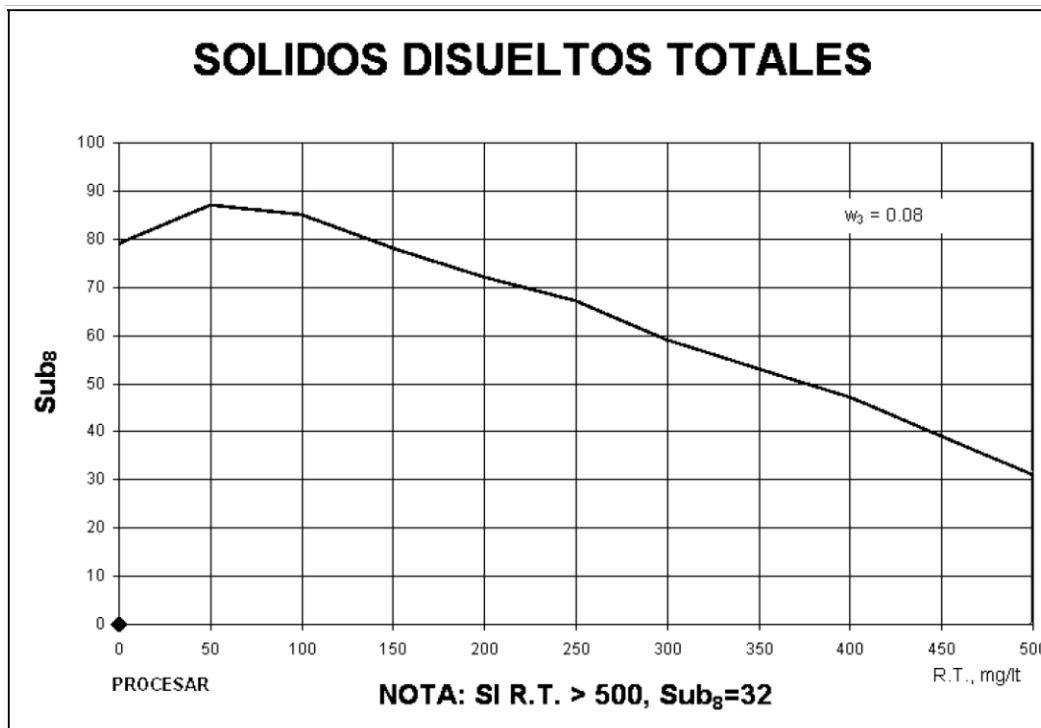


Figura 34: Evaluación de la calidad del agua basada en los SDT

Fuente: (Brown 1970, citado en Cárdenas, 2020)

Anexo 4: Flujograma que sintetiza la metodología seguida

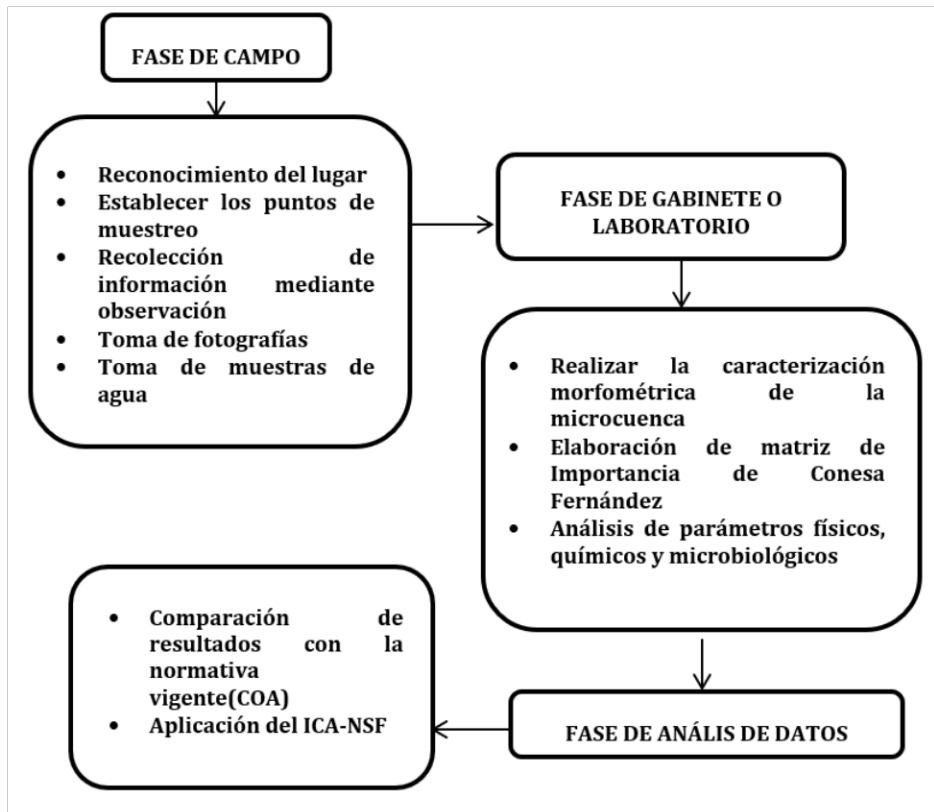


Figura 35: Flujograma que sintetiza la metodología seguida

Anexo 5: Toma de muestras y monitoreos



Figura 36: Toma y conservación de muestras en cooler



Figura 37: Monitoreo in situ

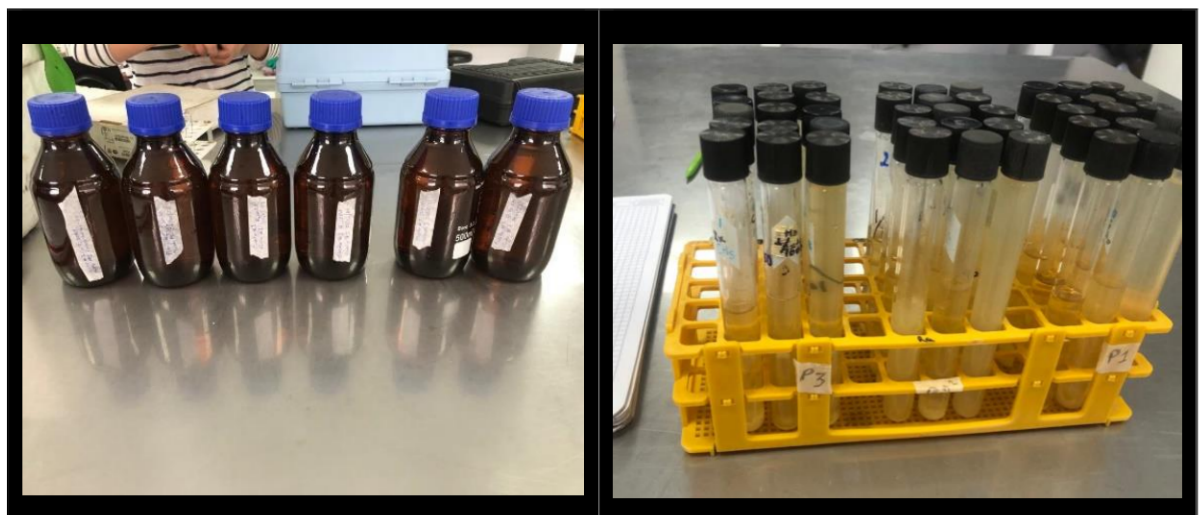


Figura 38: Análisis del agua en laboratorio CIITT

Anexo 6: Impactos identificados



Figura 39: viviendas construidas cerca del recurso hídrico y creación de pozos sépticos.



Figura 40: Residuos sólidos presentes en el área de estudio



Figura 41: Actividades agrícolas inapropiadas





Figura 42: Cambio de usos de suelos



Figura 43: Actividad ganadera en los tres puntos de monitoreo



Figura 44: Drenajes pluviales y aguas residuales



Figura 45: En la izquierda Susanita. En la derecha Cortaderia Seollana

Anexo 7: Alteraciones en riberas y en el agua



Figura 46: Erosión en riberas, presencia de algas y plantas acuáticas en el agua

Anexo 8: Actividades en el área de estudio



Figura 47: Criadero de cerdos y estiércol de ganado vacuno.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Lenin Ismael Zhingre Guamán** portador de la cédula de ciudadanía N.º **0106729494**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Diagnóstico de la microcuenca "Quebrada Tres Marías" de la parroquia Turi con énfasis en el recurso agua**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de Julio de 2023



Lenin Ismael Zhingre Guamán

0106729494