



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA
DEL “RÍO CINTO” MEDIANTE LOS PARÁMETROS DEL ICA EN EL SECTOR DE
LLOA, CANTÓN QUITO, 2023.**

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

AUTORA: NATHALY JOHANNA CHAMORRO VINUEZA

TUTOR: EDWIN RODRIGO ARIAS ALTAMIRANO

Quito - Ecuador

2024

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

Yo, Nathaly Johanna Chamorro Vinueza con documento de identificación N.º
1726174434 manifiesto que:

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

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



Nathaly Johanna Chamorro Vinueza
1726174434

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

Yo, Nathaly Johanna Chamorro Vinueza con documento de identificación No. 1726174434, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Determinación del Índice de Calidad de Agua en la microcuenca del “Río Cinto” mediante los parámetros del ICA en el sector de Lloa, Cantón Quito, 2023”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



Nathaly Johanna Chamorro Vinueza
1726174434

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Rodrigo Arias Altamirano con documento de identificación N.º 1710165869, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL "RÍO CINTO" MEDIANTE LOS PARÁMETROS DEL ICA EN EL SECTOR DE LLOA, CANTÓN QUITO, 2023, realizado por Nathaly Johanna Chamorro Vinueza con documento de identificación N.º 1726174434, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Edwin Rodrigo Arias Altamirano M.Sc.
1710165869

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios y a la Virgencita de Guadalupe, quiénes ha sido un pilar fundamental, mi guía y fortaleza en este largo camino, me han ayudado a cumplir mis sueños y objetivos.

A mi abuelito Jorge Chamorro, quién siempre va a estar en mi corazón, por su amor, paciencia, apoyo, cariño, por haber sido un padre para mí, quién me guío y educó para ser la persona que soy hoy en día, que, aunque ya no se encuentre aquí conmigo siempre va a hacer mi inspiración para salir adelante, porque sin su ayuda no lo hubiera logrado.

A mi querida madre Elva Chamorro, quién ha sido mi guía en este largo camino, le dedico con mucho respeto y amor, porque con su apoyo me ha ayudado a nunca darme por vencida pese a las malas situaciones que se presentaron en el camino, gracias, madre de mi vida por nunca dejarme sola.

Al mejor hermano del mundo Romel Vélez, por su ayuda y compromiso conmigo, por ser la persona en la que siempre puedo confiar, por nunca dejarme sola y apoyarme en los peores momentos que he pasado, por ser mi inspiración para salir adelante.

A Carlos y Viviana quiénes han sido mi segunda familia, las personas que considero mis segundos padres, que han sido mis ángeles aquí en la tierra, que con su amor, cariño y comprensión me han llenado de muchas fuerzas para salir adelante, que sin su ayuda no lo hubiera podido lograr.

A los amores de mi vida Sebas y Santi, quiénes siendo tan pequeños alegran mi vida y le dan sentido, que con su sonrisa me dan la fuerza suficiente para salir adelante y no rendirme.

A Alexander Viracocha, quién ha sido una pieza fundamental para lograr mis sueños, que con su amor, cariño y comprensión nunca me ha dejado sola, ha estado conmigo en los días más difíciles de mi vida, siempre dándome la mano y alentándome a seguir adelante, le dedico con mucho amor porque ha sido esa persona que ha complementado mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgencita de Guadalupe, por haberme permitido culminar esta meta, que sin ellos en mi vida no lo hubiera logrado.

Agradezco a mi ángel en el cielo Jorge Chamorro, a mi madre y hermano que han sido mi fuerza y valentía para salir adelante y no rendirme. Un agradecimiento muy afectuoso a mi segunda familia Carlos, Viviana, Sebastián y Santiago, por guiarme y ayudarme a finalizar mi carrera universitaria.

A mis amigos y compañeros que con sus ocurrencias hicieron que la vida universitaria fuera más bonita y llevadera.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y a cada uno de los ingenieros de la Carrera de Ingeniería Ambiental, que han compartido su conocimiento y anécdotas conmigo a lo largo de la carrera.

Finalmente quiero extender un grato agradecimiento al Ingeniero Edwin Arias, tutor de mi presente proyecto de titulación, por haberme brindado su ayuda y sus conocimientos para finalizar el trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Delimitación.....	1
1.3. Pregunta de investigación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1. General.....	2
1.4.2. Específicos.....	2
1.5. Hipótesis	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1. Marco Legal	4
2.1.1. La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.	4
2.1.2. INEN 2169:2013.....	4
2.2. Marco Teórico.....	5
2.2.1. Cuenca Hidrográfica.....	5
2.2.2. Ríos.....	5
2.2.3. Uso de suelo parroquia Lloa.....	6
2.3. Características morfométricas.....	6
2.3.1. Área de drenaje	6
2.3.2. Perímetro de la cuenca.....	6
2.3.3. Índice de compacidad de la cuenca (Kc)	7
2.3.4. Factor de forma (Kf).....	7
2.3.5. Altitud media de la cuenca	8
2.3.6. Pendiente de la cuenca.....	9
2.3.7. Cuenca hipsométrica.....	10
2.4. Muestreo y conservación	10
2.4.1. Rotulado.....	10
2.4.2. Llenado del envase	10
2.4.3. Transporte y preservación de la muestra	10
2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)	10

2.6. Parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua	12
2.6.1. Potencial de Hidrógeno	12
2.6.2. Turbidez.....	12
2.6.3. Temperatura.....	12
2.6.4. Oxígeno disuelto.....	12
2.6.5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	12
2.6.6. Nitratos	14
2.6.7. Fosfatos.....	14
2.6.8. Sólidos disueltos totales.....	14
2.7. Parámetros microbiológicos para determinar la calidad del agua.....	14
2.7.1. Coliformes fecales	14
2.8. Aforo por el método del flotador	14
2.9. Caudal	15
2.9.1. Cálculo de la velocidad.....	15
2.9.2. Cálculo del área	15
2.9.3. Cálculo del caudal.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Materiales.....	17
3.1.1. Fase de campo	17
3.1.2. Fase de Laboratorio	18
3.2. Metodología	19
3.2.1. Delimitación del área de estudio.....	19
3.2.2. Cálculo de Caudal.....	20
3.2.3. Número de muestras	21
3.2.4. Puntos de muestreo.....	21
3.2.5. Análisis de Agua.....	22
3.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	22
3.3.1. Coliformes fecales	22
3.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	24
3.3.3. Fosfatos.....	25
3.3.4. Nitratos	26
3.3.5. pH.....	26
3.3.6. Sólidos disueltos totales.....	27

3.3.7. Temperatura.....	28
3.3.8. Turbidez.....	28
3.3.9. Oxígeno disuelto.....	29
3.4. Medidas de prevención para la conservación de la microcuenca del río Cinto.....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Resultados.....	30
4.1.1. Delimitación de área de estudio.....	30
4.1.2. Cálculo del caudal.....	34
4.1.3. Selección de puntos de muestreo.....	35
4.1.4. Análisis del índice de calidad de agua.....	37
4.1.5. Interpretación de datos de la zona más contaminada.....	43
4.1.6. Representación cuantitativa de los parámetros.....	44
4.1.7. Comparación con la normativa.....	50
4.1.8. Medidas de prevención para la conservación de la microcuenca del río Cinto.....	55
4.2. Discusión.....	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones.....	58
6. BIBLIOGRAFÍA.....	60
7. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.....	4
Tabla 2 Evaluación de la forma según el Kc	7
Tabla 3 Características para la clasificación de Kf	8
Tabla 4 Clasificación de acuerdo con la pendiente de la cuenca	9
Tabla 5 Factores de ponderación según el método propuesto por Brown.....	11
Tabla 6 Clasificación de la calidad de agua según el método ICA	11
Tabla 7 Materiales y equipos utilizados en fase de campo	17
Tabla 8 Materiales utilizados en fase de campo	18
Tabla 9 Operacionalización de puntos de muestreo	22
Tabla 10 Características morfométricas de la microcuenca del río Cinto.....	30
Tabla 11 Datos para la elaboración gráfica de la curva hipsométrica	31
Tabla 12 Distancia entre puntos de muestreo.....	32
Tabla 13 Datos para la obtención del caudal.....	34
Tabla 14 Coordenadas UTM de los puntos muestreados	35
Tabla 15 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona del Páramo.....	37
Tabla 16 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona de Ganadería	38
Tabla 17 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la Zona Urbana	39
Tabla 18 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona Minera	40
Tabla 19 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona Piscícola	41
Tabla 20 Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	42
Tabla 21 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona de Páramo.....	50
Tabla 22 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona de Ganadería	51
Tabla 23 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la Zona Urbana.....	51
Tabla 24 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona Minera.....	52
Tabla 25 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona Piscícola	53

Tabla 26 Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona Planta de tratamiento de aguas residuales.....	54
Tabla 27 Comparación global de los seis puntos de muestreo con la Normativa Ambiental Vigente.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cuenca Hidrográfica.....	5
Figura 2 Río principal	5
Figura 3 Medición del caudal.....	20
Figura 4 Zona piscícola.....	21
Figura 5 Proceso de incubación de las placas Petrifilm.....	23
Figura 6 Proceso de obtención de datos de la DBO5.....	24
Figura 7 Proceso de obtención de datos para fosfatos	25
Figura 8 Proceso de obtención de datos para pH	26
Figura 9 Proceso de obtención de datos para SDT	26
Figura 10 Proceso de obtención de datos para temperatura.....	27
Figura 11 Proceso de obtención de datos para la turbidez	28
Figura 12 Proceso de obtención de datos para oxígeno disuelto	28
Figura 13 Curva hipsométrica de la microcuenca del río Cinto.....	29
Figura 14 Mapa de delimitación de la microcuenca del río Cinto	32
Figura 15 Índice de Calidad de Agua.....	33
Figura 16 Punto de muestreo más contaminación.....	43
Figura 17 Valores de Coliformes Fecales	44
Figura 18 Valores de DBO5.....	44
Figura 19 Valores de Fosfatos.....	45
Figura 20 Valores de Nitratos	45
Figura 21 Valores de Oxígeno Disuelto.....	46
Figura 22 Valores de pH	47
Figura 23 Valores de Sólidos Disueltos Totales	47
Figura 24 Valores de Temperatura.....	48
Figura 25 Valores de Turbidez.....	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Índice de compacidad (Kc).....	7
Ecuación 2 Factor de forma (Kf).....	7
Ecuación 3 Altitud media	8
Ecuación 4 Pendiente de la cuenca.....	9
Ecuación 5 Índice de Calidad de Agua (ICA)	10
Ecuación 6 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	13
Ecuación 7 Factor de dilución	13
Ecuación 8 Velocidad de la corriente.....	15
Ecuación 9 Cálculo del Área	15
Ecuación 10 Cálculo del Caudal	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Parametrización de la zona de estudio.....	63
Anexo 2 Medicion de la velocidad.....	63
Anexo 3 Medicion de profundidad	64
Anexo 4 Medicion del área	64
Anexo 5 Muestra de agua.....	65
Anexo 6 Medicion de parámetros in situ	65
Anexo 7 Medicion de oxígeno disuelto	66
Anexo 8 Muestras de agua del río Cinto.....	66
Anexo 9 Conteo de coliformes fecales.....	67
Anexo 10 Análisis de coliformes fecales	67

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se encuentra enfocado al Análisis del Índice de Calidad de Agua de la microcuenca del río Cinto ubicado en la parroquia Lloa, mediante, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para esto se realizó una salida de campo en donde se determinó las posibles zonas aledañas contaminadas al río. Se analizaron seis puntos de muestreo según el uso de suelo, los cuales fueron páramo, ganadería, zona urbana, minería, piscícola y la zona donde se descarga el agua de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Lloa.

Se recolectaron dieciocho muestras de agua tres por cada zona, en donde se tomaron muestras in situ para obtener valores de oxígeno disuelto, pH, temperatura y sólidos disueltos totales, mientras que, en laboratorio se analizó DBO5, nitratos, fosfatos, turbidez y coliformes fecales. Así mismo, se obtuvieron las características morfométricas de la microcuenca y calculó el caudal del río.

Para obtener el resultado del Análisis del Índice de Calidad de agua se realizó interpolación con los datos obtenidos de cada parámetro, en donde los valores arrojaron que la calidad de agua del río Cinto es mala, por otra parte, se verificó que la zona con mayor contaminación es la urbana.

A partir de los análisis, que da como resultado que la DBO5 sobrepasa los límites máximos permisibles en las seis zonas de estudio con un valor promedio de 447.835 mg/l, mientras que, los coliformes fecales con un valor de 600 NMP/100 ml en la Planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: Conservación, microcuenca, caudal, Índice de Calidad de Agua.

ABSTRACT

This research project is focused on the Analysis of the Water Quality Index of the Cinto River micro-watershed located in the Lloa parish, using physicochemical and microbiological parameters. For this purpose, a field trip was conducted where possible contaminated areas near the river were identified. Six sampling points were analyzed based on land use, including paramo, livestock, urban area, mining, fish farming, and the area where the wastewater treatment plant of the Lloa parish discharges water.

Eighteen water samples were collected, three from each zone. In situ samples were taken to obtain values of dissolved oxygen, pH, temperature, and total dissolved solids. In the laboratory, parameters such as BOD5, nitrates, phosphates, turbidity, and fecal coliforms were analyzed. Morphometric characteristics of the micro-watershed were also obtained, and the river flow was measured.

To obtain the result of the Water Quality Index Analysis, interpolation was performed with the data obtained for each parameter. The values indicated that the water quality of the Cinto River is poor, and it was verified that the most contaminated zone is the urban area.

Based on the analysis, the results show that the BOD5 exceeded the maximum permissible limits in all six study zones with an average value of 447.835 mg/l, while fecal coliforms reached a value of 600 MPN/100 ml at the wastewater treatment plant.

Keywords: Conservation, micro-watershed, flow, Water Quality Index.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

Debido a la contaminación en los cursos hídricos que existe en la microcuenca del río Cinto ha venido presentado un deterioro en su calidad de agua producto de la contaminación en sus afluentes, por descargas líquidas procedentes de aguas domésticas y residuales. Se ha desarrollado propuestas, proyectos para la conservación de estas, mediante el avance tecnológico y la incursión de plataformas aplicadas para mapeo y delimitación de los sitios de muestreo.

La falta de conocimiento en los moradores de la parroquia de Lloa ha generado contaminación y deterioro en la calidad del agua de la microcuenca del Río Cinto, por lo que, se propone el proceso de análisis del índice de calidad de agua para estimar el grado de contaminación en la zona de estudio, mediante, parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

En algunos sectores alejados de la zona central de la parroquia de Lloa aun quedan algunos desechos como es la basura procedente de las casas, para posteriormente colocar los restos en los afluentes hídricos, se hace referencia a la ausencia de conocimiento del cuidado ambiental en los moradores de la zona.

La calidad de agua se ha visto deteriorada por las descargas de las diferentes actividades antrópicas que se realizan en el sector como: ganadería, minería y piscícola.

1.2. Delimitación

El área de estudio se localiza en la microcuenca del río Cinto en la parroquia de Lloa, esta fuente hídrica del río Cinto se origina de los páramos del Pichincha, es considerada una de las más importantes para el Fondo para la Protección de Agua (Cárdenas, 2021).

1.3. Pregunta de investigación

¿Qué calidad de agua posee la microcuenca del río Cinto?

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Determinar el Índice de Calidad de Agua a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca del "Río Cinto", Parroquia Lloa, para el establecimiento de estrategias de conservación.

1.4.2. Específicos

Identificar la zona con mayor presencia de contaminación en el agua, a través de la comparación de los datos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo, para la determinación de las posibles causas.

Diagnosticar la calidad de agua de la microcuenca del río Cinto, mediante la comparación de los datos obtenidos en las zonas de estudio, con los valores de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente (TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Proponer medidas de prevención mediante concientización ambiental para la conservación de la microcuenca del río Cinto.

1.5. Hipótesis

Hipótesis nula (H₀): La calidad de agua de la microcuenca del río Cinto es la misma en los seis puntos de muestreo.

Hipótesis alterna(H₁): La calidad de agua de la microcuenca del río Cinto no es la misma en los seis puntos de muestreo.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Marco Legal

2.1.1. La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.

Se utilizará el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA, Libro VI, Anexo 1), para conocer los límites permisibles para los vertidos en los cursos hídricos (MAE, 2015).

Tabla 1

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico

Parámetros	Límites máximos permisibles
Temperatura	Condiciones naturales +0-3 No menor al 80% de saturación y no menos de
Oxígeno disuelto	6 mg/l
Turbiedad	100 NTU
pH	6 - 9
Fosfatos	NE
Nitratos	10 mg/L
Sólidos disueltos totales	1000 mg/L
Demanda Biológica de oxígeno	< 2 mg/L
Coliformes fecales	600 NPM/100ML

Nota. Se evidencia los límites máximos permisibles en aguas (MAE, 2015).

2.1.2. INEN 2169:2013

Se realizó una caracterización de las muestras de agua recolectadas en los diversos puntos dentro de la microcuenca del río Cinto. El muestreo se ejecutará según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, para calidad de agua, que servirá de guía para el muestreo, manejo y

conservación de muestras. Las muestras serán almacenadas y transportadas al laboratorio para sus respectivos análisis.

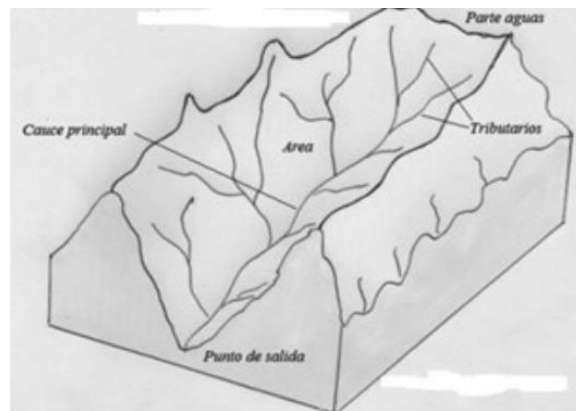
2.2. Marco Teórico

2.2.1. Cuenca Hidrográfica

Es una unidad morfológica, en distintos territorios donde las aguas se juntan en un cauce donde es limitada por una divisoria de aguas los cuales se dirigen al mar por medio de una red de causes fundamentales (Gaspari et al., 2013).

Figura 1

Cuenca Hidrográfica



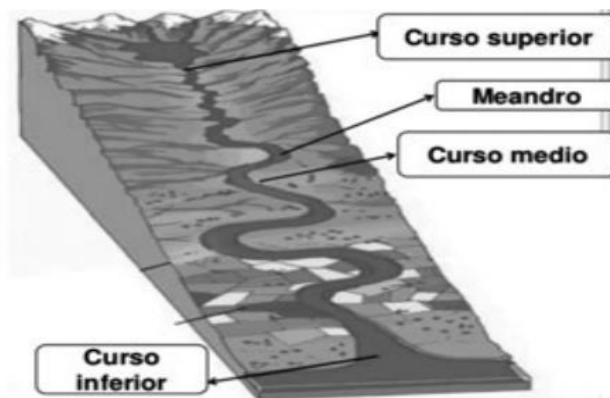
Nota. La figura muestra cómo se forma una cuenca (Araque et al., 2019).

2.2.2. Ríos

Un río es un cauce natural de agua, durante su trayectoria va a llevar rocas de distintas dimensiones, arena y varios materiales, en el transcurso va a dejar sedimentos de lodo lo que causa erosión por el arrastre de estos, este fenómeno es consecuencia de las variables hidrológicas como la velocidad el caudal el movimiento y las fluctuaciones (Jaque & Potocí, 2015).

Figura 2

Río principal



Nota. La figura muestra los componentes de un río (Araque et al., 2019).

2.2.3. Uso de suelo parroquia Lloa

El río Cinto provee de agua a distintos barrios del (DMQ). Esta zona se localiza amenazada por varios factores como la agricultura, ganadería, erosión hídrica o eólica. La alteración del uso del suelo causa un gran efecto negativo en la estructura del suelo que genera retención del agua (Cadena & Yáñez, 2019).

2.3. Características morfométricas

2.3.1. Área de drenaje

Proyección horizontal del área que se encuentra adjunta a través de la divisoria topográfica, esta se puede medir en kilómetros cuadrados, metros, hectáreas o diferentes unidades de superficie (Gutiérrez, 2014).

2.3.2. Perímetro de la cuenca

Se le conoce también como el largo absoluto de la divisoria de aguas, este parámetro debe ser calculado desde el punto de estudio de inicio hasta el final, se lo puede medir en kilómetros o en cualquier unidad de longitud (Gutiérrez, 2014).

2.3.3. Índice de compacidad de la cuenca (Kc)

Conocido como índice de Gravelius, está relacionado con el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de la misma área que de la cuenca (Gutiérrez, 2014).

Ecuación 1

Índice de compacidad (Kc)

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

Donde:

A: área de drenaje km^2

P: perímetro de la cuenca en k

Tabla 2

Evaluación de la forma según el Kc

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda oval- redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval - oblonga
Kc3	> 1,5	Forma oval - oblonga a rectangular - oblonga

Nota. Se evidencia los valores para la descripción del Kc de la microcuenca (Quindío, 2017).

2.3.4. Factor de forma (Kf)

Relación entre el cuadrado de la longitud y el área de la cuenca, esta pretende medir si la cuenca es alargada o cuadrada (Cardona, 2016).

Ecuación 2

Factor de forma (Kf)

$$kf = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: área de drenaje km^2

L: Longitud de la cuenca en km

Tabla 3

Características para la clasificación de Kf

Kf	Características
< 1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
> 1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

Nota. Se observa los valores para describir el Kf de la microcuenca (Quindío, 2017).

2.3.5. Altitud media de la cuenca

En este parámetro atribuye la precipitación, evaporación, transpiración y pérdida de agua, consecuente sobre el caudal medio de la cuenca (Gutiérrez, 2014).

Ecuación 3

Altitud media

$$II = \frac{\Sigma(AI * HI)}{\Sigma(A)}$$

Donde:

Ai: superficie de la cuenca, entre las dos curvas de nivel anteriores km^2

Hi: altitud media entre dos curvas de nivel siguientes en m

A: superficie total de la cuenca en km^2

2.3.6. *Pendiente de la cuenca*

Este parámetro tiene conexión con los fenómenos de escurrimiento superficial, infiltración, también interviene la velocidad de escorrentía (Gutiérrez, 2014).

Ecuación 4

Pendiente de la cuenca

$$S = \frac{\Delta H * Lcm}{A}$$

Donde:

S: pendiente media de la cuenca (m/m)

ΔH : equidistancia entre curvas de nivel (m)

Lcm: longitud de todas las curvas de nivel (km)

A: área total de la cuenca (km^2)

Tabla 4

Clasificación de acuerdo con la pendiente de la cuenca

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Mediamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Nota. Valores para determinar la clasificación de la cuenca mediante la pendiente (Quindío, 2017).

2.3.7. Cuenca hipsométrica

Con la curva hipsométrica se definirá el relieve de la cuenca a partir de las cotas de altitud registradas (Gutiérrez, 2014).

2.4. Muestreo y conservación

2.4.1. Rotulado

Los envases que abarcan las muestras tienen que ser codificados de forma concisa, en la etiqueta debe contener fecha, hora del muestreo, nombre de la persona que va a realizar el muestreo, coordenadas y título del proyecto (INEN, 2013).

2.4.2. Llenado del envase

Para muestras de agua en donde se va a determinar parámetros físicos y químicos se debe saturar de agua hasta el borde de la botella y proceder a tapanla de tal manera que no entre aire sobre la muestra (INEN, 2013).

2.4.3. Transporte y preservación de la muestra

Las muestras de agua deben estar entre temperaturas de 2°C y 5°C y se los debe almacenar en un lugar oscuro para perdurar la muestra hasta su recorrido al laboratorio (INEN, 2013).

2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

El índice de calidad de agua (ICA) es un medio que admite saber la calidad de agua de un curso hídrico en un tiempo establecido. Reúne datos de varios parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática (Caho & López, 2017).

Ecuación 5

Índice de Calidad de Agua (ICA)

$$ICA = \sum_{i=1}^n Q_i w_i$$

Donde:

Q_i : Se obtiene del parámetro i de acuerdo con el resultado del análisis.

W_i : Factor de ponderación del parámetro i .

n : número de parámetros de calidad de agua.

Tabla 5

Factores de ponderación según el método propuesto por Brown

Parámetro	Factor W_i :
Temperatura	0.10
Oxígeno disuelto	0.17
pH	0.11
Turbidez	0.08
DBO	0.11
Fosfatos	0.10
Nitratos	0.10
Sólidos disueltos totales	0.07
Coliformes fecales	0.16

Nota. En la tabla se describe los parámetros utilizados para el cálculo del ICA (Brown, 1970).

Tabla 6

Clasificación de la calidad de agua según el método ICA

Valor ICA	Rango de calidad de agua
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-25	Muy mala

Nota. En la tabla se describe los valores para determinar la calidad del agua (Brown, 1970).

2.6. Parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua

2.6.1. *Potencial de Hidrógeno*

Indica la acidez o basicidad, se mide en unidades de pH entre una escala de cero a catorce, donde el siete indica un pH neutro mayor a siete básico y menor a siete es ácido. Un rango de pH que vaya entre los 6.5 y 8.2 se estima que es óptimo (Taboada & López, 2020).

2.6.2. *Turbidez*

La turbidez es la falta de transparencia que se aprecia en el agua ocasionada por material suspendido, en cuanto más oscura se vea el agua la turbiedad será mayor, esto es provocado por la ausencia de luz solar que da como consecuencia reducción en el crecimiento de las plantas y por ende disminución del oxígeno disuelto el cual es fundamental para los organismos acuáticos (Taboada & López, 2020).

2.6.3. *Temperatura*

La temperatura es considerada uno de los parámetros físicos más relevantes para la estimación de la calidad del agua, los valores alcanzados sirven como datos secundarios para la determinación de otros parámetros como la alcalinidad, oxígeno disuelto, salinidad, actividad biológica y conductividad, este ítem es medido en grados centígrados (Herrera et al., 2018).

2.6.4. *Oxígeno disuelto*

Cantidad de oxígeno esparcido disponible en el agua y aire que es fundamental para el desarrollo de vida de varias especies animales-vegetales y microorganismos, las unidades de este parámetro se miden en mg de oxígeno disuelto/ L de agua (Herrera et al., 2018).

2.6.5. *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)*

Es sumamente utilizado para establecer el contenido de materia orgánica que está presente en una muestra de agua. Este análisis se realiza en un laboratorio en donde se incuba la muestra de

agua, al pasar 5 días se calcula el consumo de oxígeno por los microorganismos, los resultados son expresados en miligramos/ litro del oxígeno que fue consumido (Taboada & López, 2020).

Ecuación 6

Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$DBO_5 = \frac{OD_i - OD_f}{fd} \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Donde:

DBO₅= Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

OD_i= Oxígeno disuelto inicial (mg/L)

OD_f= Oxígeno disuelto final (mg/L)

Ecuación 7

Factor de dilución

$$fd = \frac{V_{muestra}}{V_{winkler}} [ml]$$

Donde:

fd: Factor de dilución.

V_{muestra}: Volumen del líquido de muestra. (ml)

V_{winkler}: Volumen del frasco winkler (300 ml).

2.6.6. Nitratos

Contaminante más común que se ha podido evidenciar en el agua subterránea, puede llegar a provocar varios efectos nocivos si los humanos lo consumen en alta concentraciones, el nitrato es arrastrado por la lluvia ya que se mueve fácilmente (Jean, 2013).

2.6.7. Fosfatos

Las elevadas concentraciones de fosfatos son provenientes de las actividades realizadas por los humanos, ya que utilizan diferentes materiales como detergentes de lavado, abonos para la agricultura, residuos industriales (Taboada & López, 2020).

2.6.8. Sólidos disueltos totales

La unidad de medida es miligramo/litro, tiene como principal aplicación el cálculo del (ICA), además, las altas concentraciones de este pueden provocar que el agua cambie de sabor. En general, cumple la función de indicar la presencia de contaminantes químicos en el agua (Alvarado, 2016).

2.7. Parámetros microbiológicos para determinar la calidad del agua

2.7.1. Coliformes fecales

Indica el peligro potencial que existe contaminación con virus o bacterias patógenas en el agua, ya que estos están presentes en las heces de personas y animales (Taboada & López, 2020).

2.8. Aforo por el método del flotador

Se emplea para calcular el tiempo de recorrido de un cuerpo flotante en una establecida distancia, en donde la sección y la altura deben ser conocidas, por medio de este método se va a conocer la velocidad media de la sección transversal que se va a multiplicar por el área, con el fin de calcular el caudal (Altamirano, 2013).

2.9. Caudal

Cantidad de agua que recorre una sección específica de un río, quebrada o canal en una cierta cantidad de tiempo, generalmente se mide en m^3/s (Chamba & Guallasamin, 2015).

2.9.1. Cálculo de la velocidad

Para calcular la velocidad de flujo se va a utilizar un flotador superficial que puede ser un corcho de madera con el fin de conseguir la velocidad del agua, se va a definir tramos de cinco metros con la finalidad de disponer secciones de aforo (Cárdenas, 2020).

Ecuación 8

Velocidad de la corriente

$$V = \frac{\text{Largo sección (m)}}{\text{Tiempo en recorrer (s)}}$$

Donde:

V= velocidad de la corriente (m/s)

L= longitud del tramo que recorre el flotador (m)

t= tiempo en recorrer (s)

2.9.2. Cálculo del área

Para obtener el cálculo del área se va a diseñar unidades transversales en la longitud del río separado por cinco metros, de tal forma que el cauce sea vertical, después se va a determinar la profundidad en base a los cálculos a lo ancho del río cada un metro hasta finalizar la unidad trasversal (Cárdenas, 2020).

Ecuación 9

Cálculo del Área

$$A = hp * a$$

Dónde:

A= área de la sección (m^2)

a = ancho del río (m)

hp = profundidad promedio (m)

Para conseguir el dato de la profundidad media se va a tomar datos a diferentes profundidades en el ancho del río (Chamorro, 2011).

2.9.3. Cálculo del caudal

Ecuación 10

Cálculo del Caudal

$$Q = A * V$$

Dónde:

Q = Caudal m^3/s

A= área de sección transversal total m^2

V = velocidad promedio m/s

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos fases de aplicación (in situ – ex situ), en los cuales se utilizó equipos de medición e insumos de laboratorio, detallado a continuación.

3.1. Materiales

3.1.1. Fase de campo

Los materiales que se utilizaron para el cálculo de caudal y el muestreo del área de estudio se detallan a continuación en la tabla 4.

Tabla 7

Materiales y equipos utilizados en fase de campo

Ítem	Material	Cantidad	Unidad
Equipo de protección personal	Mascarilla	1	caja
	Mandil	1	-
	Guantes de nitrilo	1	caja
	Botas de caucho	1	-
Recolección de muestras	Botella plástica	54	litros
	Cooler	3	kg
	Hielo seco	6	kg
Rotulado de muestras	Etiquetas	18	-
	Marcador	1	-
	GPS	1	-
Equipos para Análisis in situ	Oxímetro	1	mg/l
	pHmetro	1	-
	Cronómetro	1	s
Medición de caudal	Estacas	10	-
	Cinta métrica	1	m

Cuerda	1	m
Martillo	1	-
Flotador	10	-

Nota. Se muestra cada uno de los materiales y equipos que se utilizó en la fase de campo para medición de caudal y muestreo de agua. Elaborado por: La autora.

3.1.2. Fase de Laboratorio

Los materiales que se utilizaron para los análisis correspondientes de los parámetros del Índice de Calidad de Agua se detallan a continuación en la tabla 5.

Tabla 8

Materiales utilizados en fase de campo

Parámetro	Método	Equipo	Materiales
Potencial de hidrogeno	SM.4500 H+A y 4500 H+B método convencional	pH-metro	Recipiente graduado 1 L
Temperatura	SM. 2550-B método convencional	pH-metro	Recipiente graduado 1 L
Oxígeno Disuelto	SM. 4500-OG método convencional	Oxímetro	Recipiente graduado 1 L
Solidos disueltos totales	SM. 2540-C	pH-metro	Recipiente graduado 1 L
Nitratos	SM. 4500 N03-B	Fotómetro	Celda de cristal 10 ml Jeringa 10 ml
Fosfatos	SM. 4500-PE	Fotómetro	Celda de cristal 10 ml Jeringa 10 ml
Turbidez	SM. 2130- B método convencional	Turbidímetro	Celda de cristal 10 ml Jeringa 10 ml
Demanda bioquímica de oxígeno	Método winkler	Oxímetro	Frascos winkler 300 ml

			Vasos de precipitación 1000 ml Viales CaCl ₂ FeCl ₃ MgSO ₄ Micropipeta graduada 10 ml Vasos de precipitación 1000 ml Puntillas Peptona Placas Petrifilm
Coliformes fecales (NMP)	SM. 9222-D PETRIFILM 3M	Incubadora	

Nota. Se detalla el método utilizado para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así mismo, los materiales y reactivos Elaborado por: La autora con información adquirida de (Baird et al., 2015).

3.2. Metodología

La metodología en la presente investigación se divide en premisas de parámetros establecidos, cálculos y sobre todo información relevante para el área de estudio.

3.2.1. Delimitación del área de estudio.

De acuerdo con la información descargada del geoportal del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50.000, el uso del equipo GPS navegador se obtuvo las coordenadas de los seis puntos de muestreo. El mapa se realizó en el software ArcGIS, a través de la descarga de la hoja de Quito, red hídrica, curvas de nivel. Estos datos fueron convertidos a Topo to Raster, después de esto, se utilizó la herramienta Watershed para separar la red hídrica principal río Cinto que es la

zona de estudio, finalmente se pasó de Topo to Raster a polígono Raster para obtener la delimitación de la microcuenca del río Cinto en formato shp.

3.2.2. Cálculo de Caudal

Para iniciar con el aforo de caudal se localizó una zona con una longitud de diez metros que no presente obstaculización. Se midió el largo del cauce que fue de diez metros, se procedió a colocar estacas en las esquinas para delimitar la zona. Posteriormente, se midió el ancho de los puntos A y B para registrar el valor. El ancho del río se subdividió en tramos de 50 cm y con la ayuda de una regleta graduada que se introdujo en el río se obtuvo el valor de la profundidad del cauce. Se colocó una pelota plástica en dirección a la corriente del río en el punto A, para con el cronómetro anotar el tiempo en el que se demora en llegar al punto B, se realizó este proceso cinco veces para sacar un promedio y que sea más exacto el resultado.

Figura 3

Medición del caudal



Nota. Sección donde se registraron los datos. Elaborado por: La autora.

3.2.3. Número de muestras

En la microcuenca del río Cinto se propuso analizar el Índice de Calidad de Agua, por lo que, se tomaron en cuenta seis puntos de muestreo, en donde en cada punto se tomó tres muestras de agua con tres repeticiones dando un total de dieciocho muestras de agua.

3.2.4. Puntos de muestreo

Se realizó la salida de campo hacia la microcuenca del río Cinto, se estableció los seis puntos de muestreo según el uso de suelo siendo estos: Páramo, Ganadería, Zona Urbana, Minería, Piscícola y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para esto se utilizó un GPS navegador, es importante mencionar que como un punto de muestreo se encontraba la zona de agricultura, sin embargo, al delimitar los puntos de muestreo esta zona se encontraba muy distante al río Cinto, por lo que, no influye en la contaminación del agua. Por tanto, se escogió la zona de piscícola, pues, esta zona si tiene influencia de contaminación en el río Cinto por la descarga que se hace de las piscinas hacia el río.

Figura 4

Zona piscícola



Nota. Se evidencia la piscina y el lugar por donde se realiza la descarga. Elaborado por: La autora.

La contaminación del agua se da por diferentes actividades antropogénicas en la parroquia Lloa. A continuación, se detalla en la tabla 6, los tratamientos que se realizó con tres repeticiones durante tres semanas caben recalcar que las muestras se obtuvieron de manera compuesta.

Tabla 9

Operacionalización de puntos de muestreo

Uso de Suelo	Técnica	Muestras
Paramo	Experimentación	18
Ganadería	Experimentación	18
Zona Urbana	Experimentación	18
Minería	Experimentación	18
Piscícola	Experimentación	18
Planta de tratamiento de aguas residuales	Experimentación	18

Nota. En la tabla se explica los puntos de muestreo, donde permite evidenciar el uso de suelo, técnica y numero de muestras recolectadas. Elaborado por: La autora.

3.2.5. Análisis de Agua

Mediante la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, para calidad de agua, que fue de guía para el muestreo, manejo y conservación de muestras. Las muestras fueron almacenadas y trasladadas al laboratorio para sus respectivos análisis, de este modo, fueron comparadas con la normativa vigente ambiental TULSMA, LIBRO VI ANEXO.

3.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

3.3.1. Coliformes fecales

- Se pesó 1,54 g de reactivo peptona en una balanza analítica.

- Se colocó 1,54 g de reactivo peptona en 540 ml de agua destilada, posteriormente, se agitó manualmente al punto de homogenizar la mezcla completamente.
- Se colocó 90 ml del agua peptonada en seis frascos con tapa semiabierta para trasladar a la autoclave y esterilizar durante cuatro horas.
- Transcurrido el tiempo de esterilización, se procedió a sustraer 10 ml de cada muestra, por consiguiente, se distribuyó en cada frasco esterilizado. Agitándolo durante 10 minutos en el orbital shaker.
- Con el uso de una micropipeta se extrajo 10 uL de muestra para sembrar en las placas petrifilm 3M, se transfirió a la incubadora a 37 °C durante 24 horas.
- Transcurrido las 24 horas finalmente se contó manualmente las colonias de coliformes fecales y se multiplico por 20 según el manual de análisis de las Placas Petrifilm 3M (NMP/100mL).

Figura 5

Proceso de incubación de las placas Petrifilm



Nota. Ingreso de las placas sembradas a la incubadora. Elaborado por: La autora.

3.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

- Se elaboró una dilución en donde se colocó 1 ml de ($CaCl_2, MgSO_4, FeCl_3$) de reactivos por 1000 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
- La dilución fue colocada en un agitador magnético por media hora, posteriormente, se trasladó la dilución al equipo de aireación por un tiempo estimado de una hora.
- Se procedió a medir el oxígeno disuelto inicial de la muestra.
- Se colocó 75 ml de muestra de agua en un frasco winkler de 300 ml, por consiguiente, se llenó el resto del frasco al tope de la boquilla con agua de dilución y se selló, se agito manualmente y se llevó a la incubadora a 20 °C durante cinco días.
- Una vez transcurrido los cinco días se procedió a medir nuevamente el oxígeno disuelto final.
- Con la técnica de dilución se calculó el factor de dilución, con un volumen de muestra de 75 ml y un volumen constante del frasco winkler de 300 ml, el resultado se detalla a continuación:

$$fd = \frac{75 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0,25$$

- Con la ecuación de la demanda bioquímica de oxígeno se determina el valor de la misma, una vez obtenido el valor del factor de dilución.

Figura 6

Proceso de obtención de datos de la DBO5



Nota. Frascos winkler con las muestras de agua. Elaborado por: La autora.

3.3.3. Fosfatos

- Se encendió el espectrofotómetro con un vial etiquetado con el nombre blanco que contiene 6 ml de agua destilada.
- Se agregó el reactivo de fosfato en 6 ml de muestra de agua.
- Se agitó manualmente al punto de homogenizar la mezcla completamente.
- La lectura del equipo presentó unidades de mg/L de fosfato.

Figura 7

Proceso de obtención de datos para fosfatos.



Nota. Reactivo utilizado para determinar el valor de fosfatos en las muestras de agua mediante el fotómetro. Elaborado por: La autora.

3.3.4. Nitratos

- Se encendió el espectrofotómetro con un vial etiquetado con el nombre blanco que contiene 6 ml de agua destilada.
- Se agregó el reactivo de nitrato en 6 ml de muestra de agua.
- Se agitó manualmente al punto de homogenizar la mezcla completamente.
- La lectura del equipo presentó unidades de mg/L de nitrato.

Figura 8

Proceso de obtención de datos para nitratos.



Nota. Reactivo utilizado para determinar el valor de nitratos en las muestras de agua mediante el fotómetro. Elaborado por: La autora.

3.3.5. pH

- Se colocó 500 ml de muestra en un recipiente graduado y se introdujo el pH metro.
- La lectura del pHmetro es adimensional.
- Este parámetro fue medido in situ.

Figura 9

Proceso de obtención de datos para pH



Nota. Equipo que se utilizó para determinar el valor de pH. Elaborado por: La autora.

3.3.6. Sólidos disueltos totales

- Se colocó 500 ml de muestra en un recipiente graduado.
- Se sumergió el medidor de SDT
- La lectura del equipo presentó unidades de ppt, y se realizó la conversión a unidades de mg/L.
- Este parámetro fue medido in situ.

Figura 10

Proceso de obtención de datos para SDT



Nota. Equipo que se utilizó para determinar el valor de pH. Elaborado por: La autora.

3.3.7. *Temperatura*

- Se recolectó la muestra de agua en una botella plástica.
- Se colocó 500 ml de muestra en un recipiente graduado y se introdujo el pH metro.
- El pHmetro se configuro en unidades de grados Celsius.
- Este parámetro fue medido in situ.

Figura 11

Proceso de obtención de datos para temperatura



Nota. Equipo que se utilizó para determinar el valor de temperatura. Elaborado por: La autora.

3.3.8. *Turbidez*

- Se encendió el turbidímetro con 10 ml de agua destilada en una celda.
- Se agregó 10 ml de muestra de agua a la celda.
- La lectura del equipo para turbidez es en unidades de NTU.

Figura 12

Proceso de obtención de datos para la turbidez



Nota. Equipo que se utilizó para determinar el valor de turbidez. Elaborado por: La autora.

3.3.9. Oxígeno disuelto

- Se introdujo los sensores polarográficos directo en el punto de muestreo
- Se tardó aproximadamente 3 minutos el equipo para arrojar la lectura en unidades de mg/L.

Figura 13

Proceso de obtención de datos para oxígeno disuelto



Nota. Equipo que se utilizó para determinar el valor oxígeno disuelto. Elaborado por: La autora

3.4. Medidas de prevención para la conservación de la microcuenca del río Cinto

- Se realizó la revisión bibliográfica del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Lloa.
- Mediante la bibliografía revisada se redactó las medidas de prevención.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Delimitación de área de estudio

En base a las propiedades del software ArcGIS se extrajo los valores parametrizados de las características morfométricas que se presentan en la tabla 6. a continuación.

Tabla 10

Características morfométricas de la microcuenca del río Cinto

Características morfométricas		
Descripción	Valor	Unidad
Área de drenaje	56,36	km ²
Perímetro de la cuenca	30,71	km
Longitud de la cuenca	11,85	km
Índice de compacidad de la cuenca (Kc)	1,14	-
Factor de forma (Kf)	0,21	-
Altitud media de la cuenca	3191	msnm
Pendiente de la cuenca	48,02	%

Nota. En la tabla se presenta los parámetros para definir las características morfométricas.

Elaborado por: La autora

El índice de compacidad (Kc) de la microcuenca del río Cinto tiene forma oval redonda debido a que el resultado es de 1,14 según lo que establece la clasificación ese valor correspondería a la forma que se ha descrito previamente, así mismo, el resultado del factor de forma (Kf) es de 0,21 por lo tanto, presenta una formación alargada descrita en la clasificación anteriormente. La pendiente de la microcuenca es de 48,02%, por lo que, el tipo de relieve es escarpado.

Tabla 11*Datos para la elaboración gráfica de la curva hipsométrica*

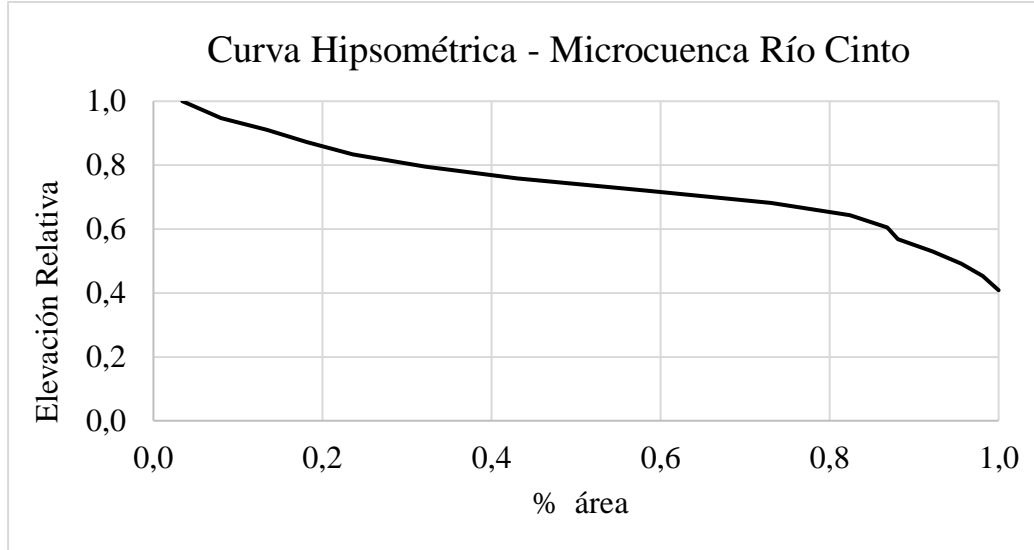
Clases	Elevación Media	Elevación Relativa	Superficie	Superficie Acumulada	Superficie Relativa
msnm	msnm	%	Km2	Km2	%
4450 - 4758,99	4604	1,00	5,95	5,95	0,03
4275 - 4450	4362	0,95	7,96	13,91	0,08
4100 - 4275	4188	0,91	9,39	23,29	0,13
3925 - 4100	4013	0,87	8,24	31,53	0,18
3750 - 3925	3838	0,83	9,40	40,93	0,24
3575 - 3750	3663	0,80	14,91	55,84	0,32
3400 - 3575	3488	0,76	18,94	74,78	0,43
3225 - 3400	3313	0,72	26,59	101,37	0,58
3050 - 3225	3138	0,68	25,54	126,91	0,73
2875 - 3050	2963	0,64	16,23	143,14	0,82
2700 - 2875	2788	0,61	7,60	150,74	0,87
2525 - 2700	2613	0,57	2,18	152,92	0,88
2350 - 2525	2438	0,53	7,15	160,07	0,92
2175 - 2350	2263	0,49	5,89	165,96	0,96
2000 - 2175	2088	0,45	4,46	170,42	0,98
1759,84 - 2000	1880	0,41	3,23	173,65	1,00

Nota. En la tabla se detalla los datos que se utilizó para la elaboración gráfica de la curva hipsométrica. Elaborado por: La autora

A partir de los datos de la tabla 7, se representa gráficamente la curva hipsométrica que es la relación entre la elevación relativa y la superficie de la zona de estudio. A partir de la figura 11 se estima que el río es maduro.

Figura 14

Curva hipsométrica de la microcuenca del río Cinto.



Nota. Relación de la elevación vs % del área donde se forma la curva hipsométrica. Elaborado por:

La autora

La distancia entre puntos de muestreo en unidades de km se aplicó según el uso de suelo.

Tabla 12

Distancia entre puntos de muestreo

Tramo / Punto	Páramo	Ganadería	Zona urbana	Minería	Piscícola	PTAR
A	0 km					
B		4,51 km				
C			0,48 km			
D				2,27 km		
E					0,5 km	
F						0,78 km

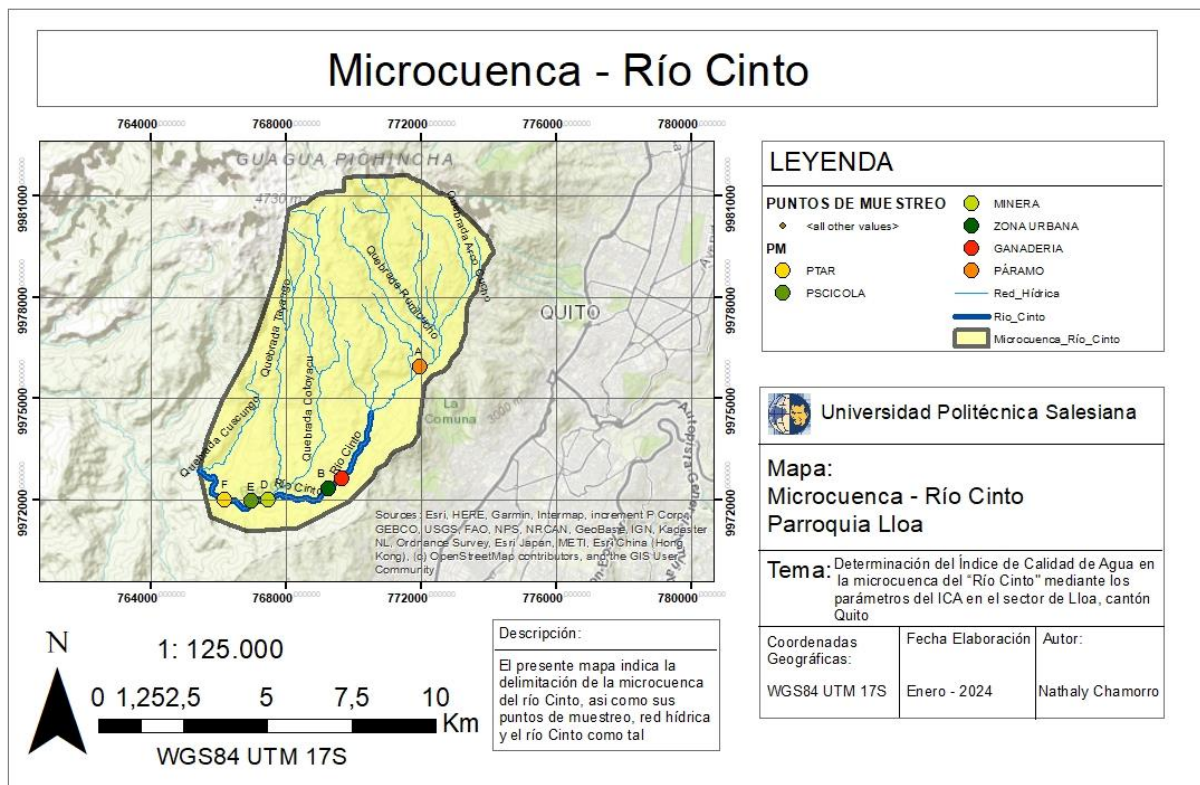
Nota. En la tabla se muestra la distancia que existe entre cada punto de muestreo. Elaborado por:

La autora

Una vez parametrizadas las características morfométricas se obtiene el mapa de delimitación de la microcuenca río Cinto, como se observa en la figura 12 cada punto de muestreo y se detalla por tramos (A-B-C-D-E-F) y representados por colores.

Figura 15

Mapa de delimitación de la microcuenca del río Cinto



Nota. El presente mapa indica la delimitación de la microcuenca del río Cinto, así mismo, los puntos de muestreo, red hídrica y el río Cinto como tal. Elaborado por: La autora

4.1.2. Cálculo del caudal

En la tabla 9 se muestra los seis puntos de muestreo donde la zona de Páramo presenta un caudal de 65,71 l/s siendo este punto el que posee mayor caudal, en cambio, la zona de ganadería tiene un caudal de 16,67 l/s siendo la zona con menor caudal, hay que tomar en consideración que el muestreo se realizó en época verano.

Tabla 13

Datos para la obtención del caudal

Descripción	Sb.	Páramo	Ganadería	Z. Urbana	Minería	Piscícola	Ptar.	Un.
		Valor						
Anchura de espejo de agua	x	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	m
Número de segmentos	n	9,00	5,00	5,00	5,00	9,00	7,00	-
Factor de corrección	f	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	-
Distancia	d	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	m
Área A		0,083	0,041	0,108	0,096	0,085	0,084	m ²
Área B		0,099	0,037	0,0315	0,063	0,108	0,068	m ²
Área total	A	0,18	0,08	0,14	0,16	0,19	0,15	m ²
Tiempo total	t	19,47	32,33	25,98	20,27	20,41	23,00	s
Velocidad total	V	0,51	0,31	0,38	0,49	0,49	0,43	m/s
Caudal	Q	65,71	16,67	37,58	54,92	65,92	46,20	l/s




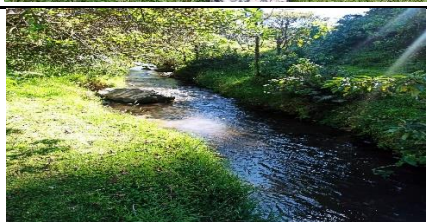

Nota. En la presente tabla se muestra los parámetros y valores utilizados para el cálculo del caudal

de cada punto muestreado. Elaborado por: La autora

4.1.3. Selección de puntos de muestreo

Tabla 14

Coordenadas UTM de los puntos muestreados

Punto muestreo	Imagen	Descripción de la zona	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)
Páramo		Presencia de vegetación. Ausencia de animales.	771961	9975955	3246
Ganadería		Presencia de ganado	769242	9972340	3034
Zona Urbana		Presencia de desechos sólidos y ganado	769242	9972340	3034
Minería		Agua utilizada para el lavado de maquinaria	767458	9972020	2954
Planta de tratamiento de aguas residuales		Agua de color oscuro procedente de las descargas de la Ptar	766181	9972026	2887

Piscícola



Descarga de
la piscina de
truchas.

766963

9971967

2931

Nota. Evidencias fotográficas de los seis puntos de muestreo Elaborado por: La autora

4.1.4. Análisis del índice de calidad de agua

Mediante la interpolación se hallaron valores para la construcción de tablas del índice de calidad de agua en donde se va a analizar cada uno de los parámetros establecidos.

Tabla 15

Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona del Páramo

Parámetros	Páramo			Promedio	Unidades	Peso Relativo W_i	Subíndice Sub_i	Total $W_i * Sub_i$
	Semanas							
	1	2	3					
Coliformes Fecales	250	550	890	563,33	NMP/100 ml	0,16	29	4,64
DBO5	416	456	489	453,67	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	0,23	0,94	0,4	0,52	mg/L	0,10	68	6,8
Nitratos	5,34	7,45	6	6,26	mg/L	0,10	68	6,8
Oxígeno Disuelto	9,77	9,08	9,1	9,32	mg/L	0,17	6	1,02
pH	5,29	5,28	5,37	5,31	-	0,11	36	3,96
Sólidos Disueltos Totales	70	80	50	66,67	mg/L	0,10	18,00	1,8
Temperatura	14,9	11,43	11,07	12,47	°C	0,08	95	7,6
Turbidez	1,78	2,59	1,75	2,04	NTU	0,07	88	6,16
							Total	39

Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona del Páramo arroja un resultado de 39, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

Tabla 16

Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona de Ganadería

Ganadería								
Parámetros	Semanas			Promedio	Unidades	Peso Relativo	Subíndice	Total
	1	2	3			Wi	Subi	Wi*Subi
Coliformes Fecales	110	200	290	200,00	NMP/100 ml	0,16	39	6,24
DBO5	412	400	456	422,67	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	0,29	0,63	0,7	0,54	mg/L	0,10	69	6,9
Nitratos	6,6	5,53	2,6	4,91	mg/L	0,10	82	8,2
Oxígeno Disuelto	9,72	8,55	8,58	8,95	mg/L	0,17	8	1,36
pH	5,27	5,23	5,27	5,26	-	0,11	35	3,85
Solidos Disueltos Totales	90	90	70	83,33	mg/L	0,07	85,00	5,95
Temperatura	14,88	16,50	13,48	14,95	°C	0,1	10	1
Turbidez	3,03	3,46	4,23	3,57	NTU	0,08	92	7,36
							Total	41,08

Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona de ganadería arroja un resultado de 41,08, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

Tabla 17*Resultados del Índice de Calidad de Agua en la Zona Urbana*

Parámetros	Zona Urbana							
	Semanas			Promedio	Unidades	Peso Relativo Wi	Subíndice Subi	Total Wi*Subi
	1	2	3					
Coliformes Fecales	730	460	180	456,67	NMP/100 ml	0,16	28	4,48
DBO5	432	536	502	490,00	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	1,13	1,3	1,8	1,41	mg/L	0,10	38	3,8
Nitratos	4,4	6,93	7,5	6,28	mg/L	0,10	70	7
Oxígeno Disuelto	9,3	8,36	8,26	8,64	mg/L	0,17	5	0,85
pH	5,29	5,28	5,29	5,29	-	0,11	35	3,85
Solidos Disueltos Totales	90	90	70	83,33	mg/L	0,07	85,00	5,95
Temperatura	15,56	16,16	13,89	15,20	°C	0,1	9	0,9
Turbidez	3,61	1,8	4,25	3,22	NTU	0,08	91	7,28
							Total	34,33

Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona urbana arroja un resultado de 34,33, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

Tabla 18*Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona Minera*

Minería								
Parámetros	Semanas			Promedio	Unidades	Peso Relativo Wi	Subíndice Subi	Total Wi*Subi
	1	2	3					
Coliformes Fecales	150	630	350	376,67	NMP/100 ml	0,16	30	4,8
DBO5	400	412	405	405,67	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	0,81	2,46	2,45	1,91	mg/L	0,10	29	2,9
Nitratos	0,4	2,73	3,35	2,16	mg/L	0,10	88	8,8
Oxígeno Disuelto	9,11	8,6	8,35	8,69	mg/L	0,17	5	0,85
pH	5,28	5,25	5,29	5,27	-	0,11	38	4,18
Solidos Disueltos Totales	100,00	90,00	110,00	100,00	mg/L	0,10	9	0,9
Temperatura	15,32	16,4	14,22	15,31	°C	0,08	92	7,36
Turbidez	3,59	1,56	4,51	3,22	NTU	0,07	85	5,95
							Total	35,96

Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona de minería arroja un resultado de 35,96, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

Tabla 19*Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona Piscícola*

Parámetros	Piscícola			Promedio	Unidades	Peso Relativo Wi	Subíndice Subi	Total Wi*Subi
	Semanas							
	1	2	3					
Coliformes Fecales	480	640	260	460,00	NMP/100 mL	0,16	29	4,64
DBO5	492	404	479	458,33	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	1,27	1,33	1,2	1,27	mg/L	0,10	48	4,8
Nitratos	4,2	7,9	8,4	6,83	mg/L	0,10	71	7,1
Oxígeno Disuelto	9	8,42	8,81	8,74	mg/L	0,17	6	1,02
pH	5,22	5,29	5,3	5,27	-	0,11	35	3,85
Solidos Disueltos Totales	90	90	80	86,67	mg/L	0,07	86,00	6,02
Temperatura	15,61	16,22	14,46	15,43	°C	0,1	9	0,9
Turbidez	6,26	4,05	2,23	4,18	NTU	0,08	91	7,28
							Total	35,83

Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona de la piscícola arroja un resultado de 35,83, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

Tabla 20

Resultados del Índice de Calidad de Agua en la zona de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales								
Parámetros	Semanas			Promedio	Unidades	Peso Relativo Wi	Subíndice Subi	Total Wi*Subi
	1	2	3					
Coliformes Fecales	590	850	460	633,33	NMP/100 mL	0,16	27	4,32
DBO5	460	448	462	456,67	mg/L	0,11	2	0,22
Fosfatos	0,6	2,23	2,9	1,91	mg/L	0,10	29	2,9
Nitratos	5	4,13	2,4	3,84	mg/L	0,10	85	8,5
Oxígeno Disuelto	8,81	8,29	8,82	8,64	mg/L	0,17	4	0,68
Potencial de Hidrogeno (pH)	5,53	5,35	5,32	5,40	-	0,11	39	4,29
Solidos Disueltos Totales	100	100	90	96,67	mg/L	0,10	9,00	0,9
Temperatura	16,07	16,42	14,67	15,72	°C	0,08	90	7,2
Turbidez	3,8	2,43	6,35	4,19	NTU	0,07	86	6,02
							Total	35,03

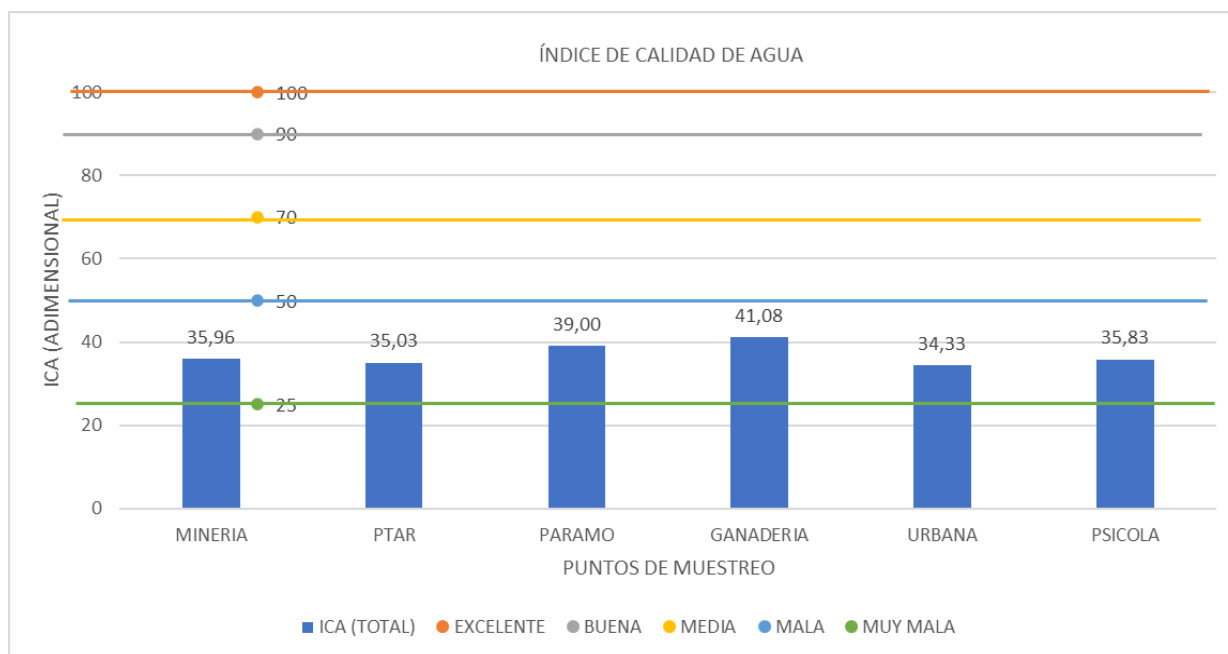
Nota. Valores obtenidos con la formula establecida para el cálculo del ICA. Elaborado por: La autora

El Análisis del Índice de Calidad de Agua en la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales arroja un resultado de 35,03, es decir, se encuentra dentro del rango de 26 -50 de la clasificación del ICA, por lo que, la calidad de agua es mala.

4.1.5. Interpretación de datos de la zona más contaminada

Figura 16

Índice de Calidad de Agua



Nota. Clasificación de la calidad de agua con relación a la zona de muestreo. Elaborado por: La autora.

La zona con mayor presencia de contaminación es la Urbana, ya que, es una zona un poco alejada del centro de la parroquia de Lloa, no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que, el vertido de las aguas residuales, los desechos sólidos y líquidos se lo hace directamente la río Cinto, cabe recalcar que existen descargas clandestinas.

La zona urbana colinda con varias haciendas, por lo que, hay presencia de ganado en los extremos del río Cinto, por tanto, el resultado del ICA es de 34,33 lo que hace referencia a la tabla de clasificación anteriormente presentada que el agua es de calidad mala.

Figura 17

Punto de muestreo más contaminación

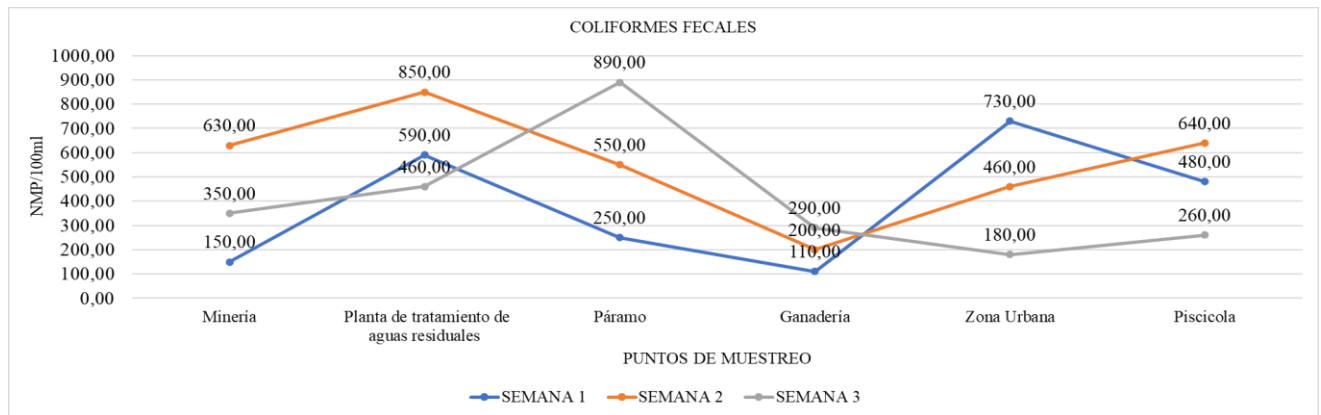


Nota. Se evidencia la descarga de agua sin procedencia.

4.1.6. Representación cuantitativa de los parámetros

Figura 18

Valores de Coliformes Fecales



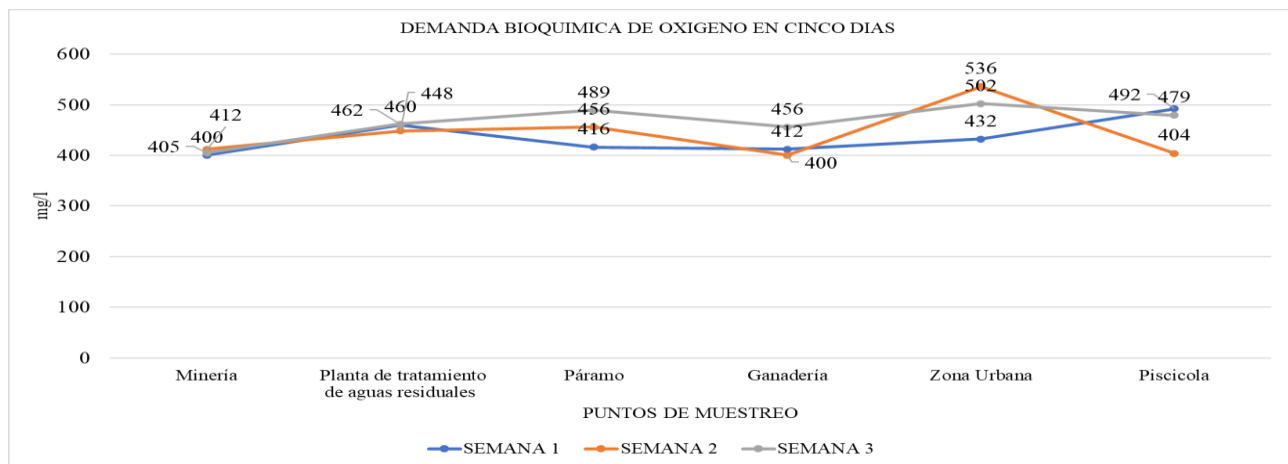
Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de coliformes fecales. Elaborado por: La autora.

En la semana uno de muestreo la zona con mayor contaminación por coliformes fecales es la Urbana con un valor de 730 NMP/100ml, así mismo, en la segunda semana con un valor de 850

NMP/100ml es la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales, de forma similar, en la tercera semana con un valor de 890 NMP/100 ml es la zona del páramo, una de las posibles causas del aumento de coliformes fecales es por la faena en camales clandestinos.

Figura 19

Valores de DBO5

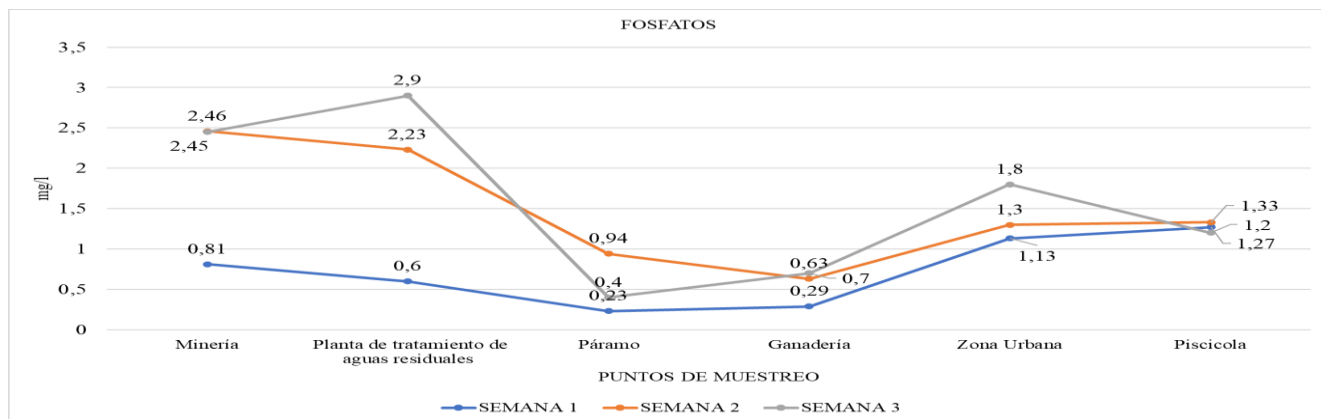


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de DBO5. Elaborado por: La autora.

La zona con mayor DBO5 en la semana uno es la planta de tratamiento de aguas residuales con 460 mg/l, así mismo, la segunda semana con un valor de 526 mg/l es la zona urbana, de igual forma, en la tercera semana con un valor de 489 ml/l es la zona del páramo.

Figura 20

Valores de Fosfatos

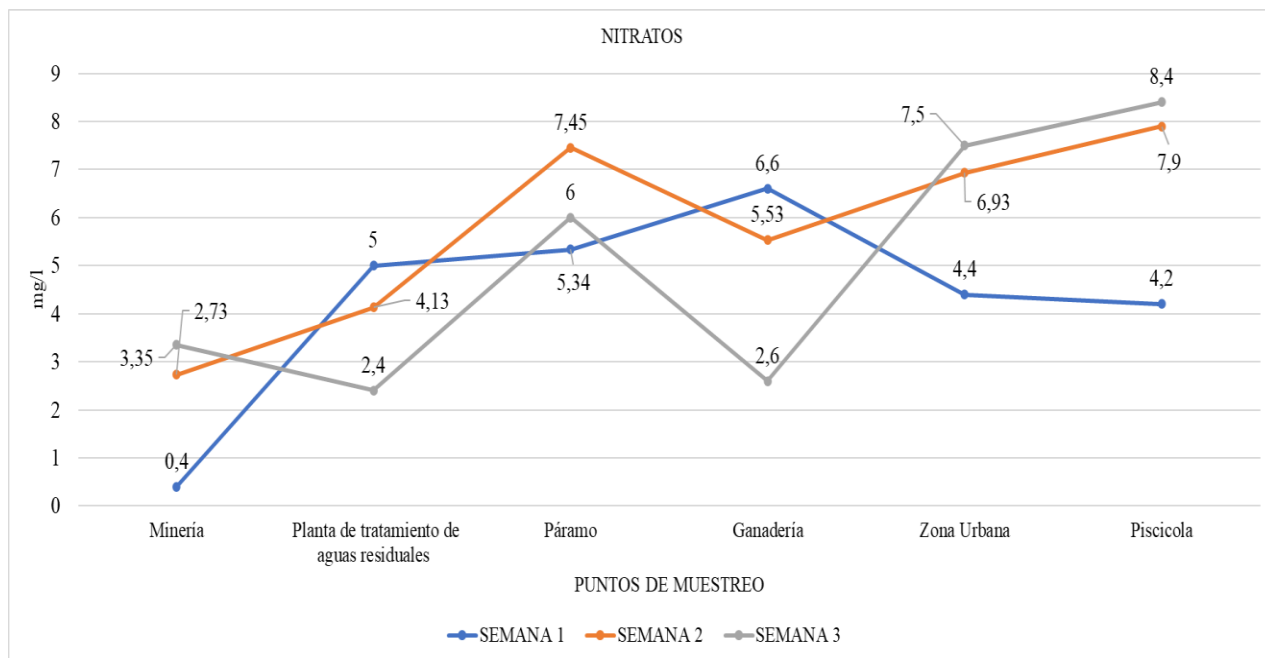


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de fosfatos. Elaborado por: La autora.

En la semana uno de muestreo la zona con mayor presencia de fosfatos es la Urbana con un valor de 1,13mg/l, así mismo, en la segunda y tercera semana la zona con altos valores es la planta de tratamiento de aguas residuales con valores de 2,23 mg/l -2,9 mg/l.

Figura 21

Valores de Nitratos

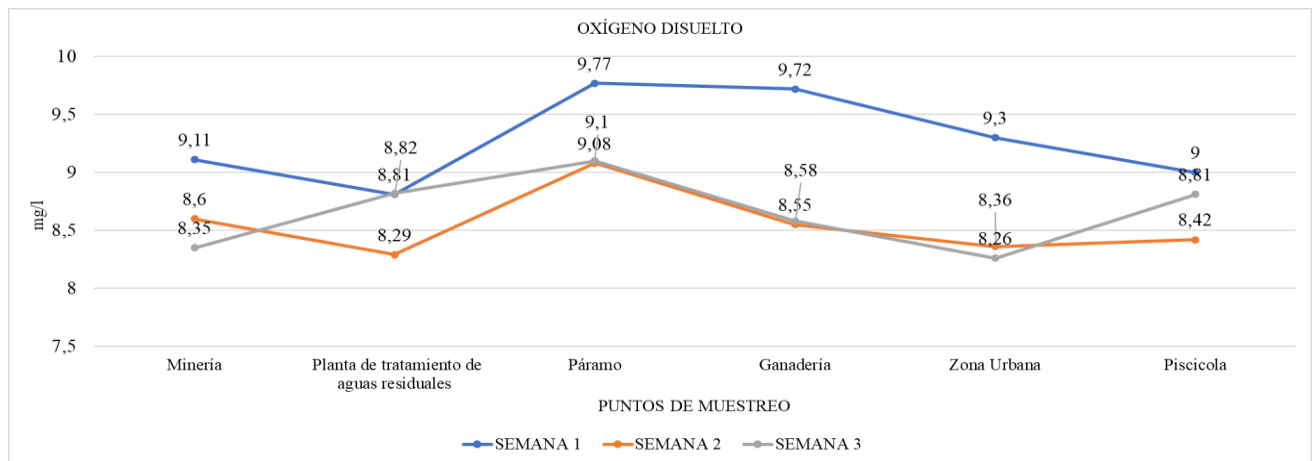


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de nitratos. Elaborado por: La autora.

La zona con valores altos de nitratos en la semana uno es ganadería 6,6 mg/l, así mismo, la segunda semana con un valor de 7,45 mg/l es la zona de páramo, de la misma manera, en la tercera semana con un valor de 8,4 ml/l es la zona del piscícola.

Figura 22

Valores de Oxígeno Disuelto

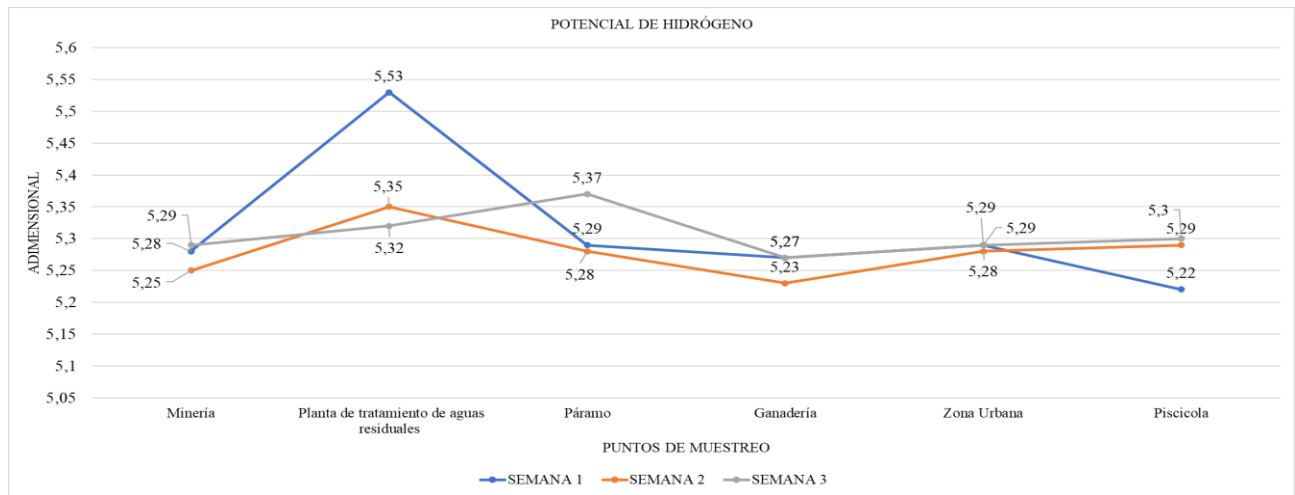


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de oxígeno disuelto. Elaborado por: La autora.

En las tres semanas que se muestreo la zona con mayor presencia de oxígeno disuelto es el páramo, pues, se obtiene valores de 9,77 ml/l – 9,98 ml/l – 9,1 mg/l.

Figura 23

Valores de pH

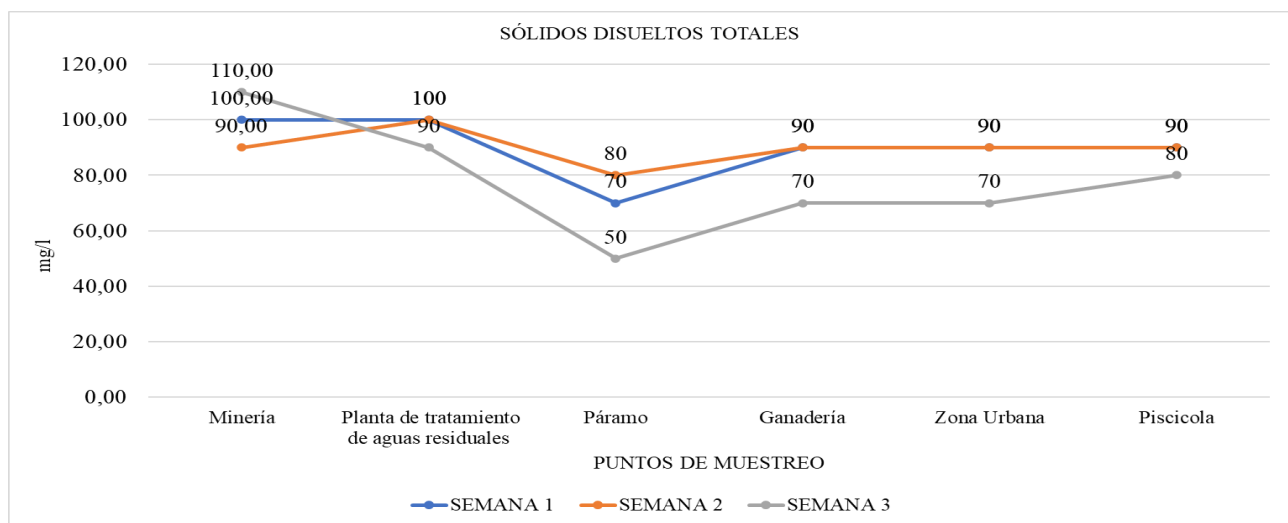


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de pH. Elaborado por: La autora.

En las dos semanas de muestreo la zona con valores altos de pH es la planta de tratamiento de aguas residuales con un pH de 5,35 -5,53, por otra parte, en la tercera semana con un pH de 5,27, es la zona de páramo, siendo así un pH ácido. Cabe mencionar que no se presenta una variación significativa en los valores de pH de las seis zonas.

Figura 24

Valores de Sólidos Disueltos Totales

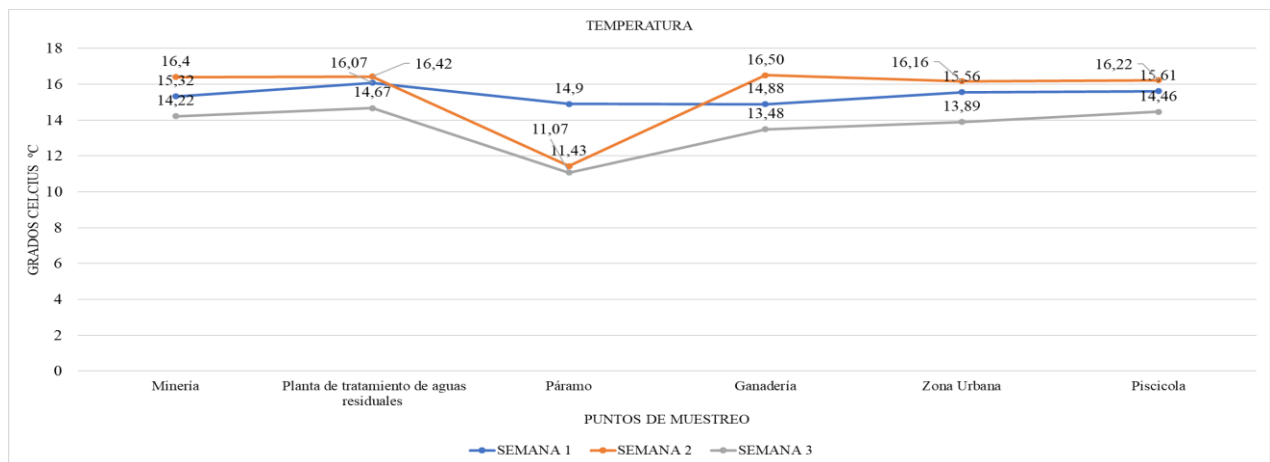


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de sólidos disueltos totales. Elaborado por: La autora.

En la primera y tercera semana la zona en la que predominan los sólidos disueltos totales es la minería con valores de 90 ml/l – 110 mg/l, mientras que, en la segunda semana con un valor de 100 mg/l, es de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 25

Valores de Temperatura

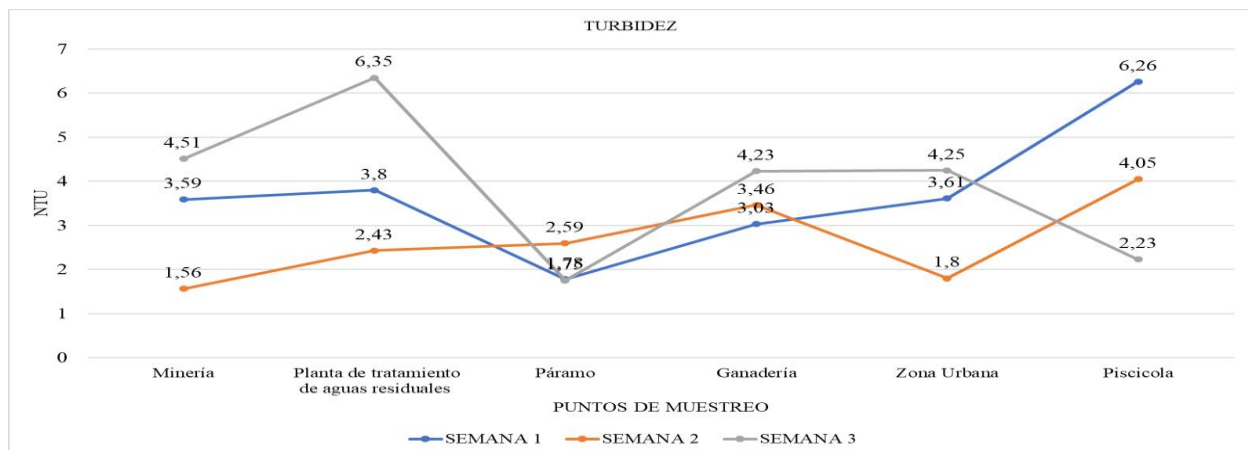


Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de temperatura. Elaborado por: La autora.

Figura 26

La zona con mayor temperatura en la primera y tercera semana es la planta de tratamiento de aguas residuales con valores de 16,07 °C- 14,76 °C, mientras que, la segunda semana con un valor de 16,50°C es la zona de ganadería.

Valores de Turbidez



Nota. Se muestra la zona con mayor presencia de turbidez. Elaborado por: La autora.

La zona con mayor turbidez en el agua en la primera y segunda semana es la piscícola con valores de 6,26 NTU – 4,05 NTU, mientras que, la tercera semana con un valor de 6,35 NTU es la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales.

4.1.7. Comparación con la normativa

Tabla 21

Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona de Páramo

Parámetros	Resultado obtenido	Límites Máximos Permisibles	Unidades	Cumple	
				Si	No
				Páramo	
Coliformes Fecales	563,33	600	NMP/100 ml	X	
DBO5	453,67	2	mg/L		X
Fosfatos	0,52	NE	mg/L	-	-
Nitratos	6,26	10	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	9,32	6	mg/L	X	
pH	5,31	6 - 9	-	X	
Solidos Disueltos Totales	66,67	1000	mg/L	X	
Temperatura	12,47	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	2,04	100	NTU	X	

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

De acuerdo con los resultados obtenidos, ocho de los nueve parámetros que fueron analizados cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa vigente ambiental, mientras que, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 453,67 mg/l está fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 22

Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona de Ganadería

Parámetros	Resultado obtenido	Ganadería		Cumple	
		Límites Máximos Permisibles	Unidades	Si	No
Coliformes Fecales	200,00	600	NMP/100 ml	X	
DBO5	422,67	2	mg/L		X
Fosfatos	0,54	NE	mg/L	-	-
Nitratos	4,91	10	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	8,95	6	mg/L	X	
pH	5,26	6 - 9	-	X	
Solidos Disueltos Totales	83,33	1000	mg/L	X	
Temperatura	14,95	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	3,57	100	NTU	X	

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

Con los resultados obtenidos, ocho de los nueve parámetros que fueron investigados cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa vigente ambiental, mientras que, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 422,67 mg/l está fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 23*Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la Zona Urbana*

Zona Urbana					
Parámetros	Resultado obtenido	Límites Máximos Permisibles	Unidades	Cumple	
				Si	No
Coliformes Fecales	456,67	600	NMP/100 ml	X	
DBO5	490,00	2	mg/L		X
Fosfatos	1,41	NE	mg/L	-	-
Nitratos	6,28	10	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	8,64	6	mg/L	X	
pH	5,29	6 - 9	-	X	
Solidos Disueltos Totales	83,33	1000	mg/L	X	
Temperatura	15,20	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	3,22	100	NTU	X	

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

En base a los valores obtenidos, ocho de los nueve parámetros que fueron investigados cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa vigente ambiental, mientras que, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 490 mg/l está fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 24*Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona Minera*

Minería					
Parámetros	Resultado obtenido	Límites Máximos Permisibles	Unidades	Cumple	
				Si	No
Coliformes Fecales	376,67	600	NMP/100 ml	X	
DBO5	405,67	2	mg/L		X
Fosfatos	1,91	NE	mg/L	-	-
Nitratos	2,16	10	mg/L	X	

Oxígeno Disuelto	8,69	6	mg/L	X
pH	5,27	6 - 9	-	X
Solidos Disueltos Totales	100,00	1000	mg/L	X
Temperatura	15,31	Condición natural +0-3 grados	°C	X
Turbidez	3,22	100	NTU	X

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

Según la normativa vigente ambiental, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 405,67 mg/l se encuentra fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 25

Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona Piscícola

Parámetros	Piscícola				
	Resultado obtenido	Límites Máximos Permisibles	Unidades	Cumple	
				Si	No
Coliformes Fecales	460,00	600	NMP/100 ml	X	
DBO5	458,33	2	mg/L		X
Fosfatos	1,27	NE	mg/L	-	-
Nitratos	6,83	10	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	8,74	6	mg/L	X	
pH	5,27	6 - 9	-	X	
Solidos Disueltos Totales	86,67	1000	mg/L	X	
Temperatura	15,43	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	4,18	100	NTU	X	

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

De acuerdo con la normativa vigente ambiental, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 458,33 mg/l se encuentra fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 26

Comparación de la Normativa Ambiental Vigente con el resultado de la zona de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales

Planta de tratamiento de aguas residuales					
Parámetros	Resultado obtenido	Límites Máximos Permisibles	Unidades	Cumple	
				Si	No
Coliformes Fecales	633,33	600	NMP/100 ml		X
DBO5	456,67	2	mg/L		X
Fosfatos	1,91	NE	mg/L	-	-
Nitratos	3,84	10	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	8,64	6	mg/L	X	
pH	5,40	6 - 9	-	X	
Solidos Disueltos Totales	96,67	1000	mg/L	X	
Temperatura	15,72	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	4,19	100	NTU	X	

Nota. Valores obtenidos comparados con la tabla 1. del TULSMA, LIBRO VI ANEXO I).

Elaborado por: La autora

De acuerdo con la normativa vigente ambiental, la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 458,33 mg/l; coliformes fecales con un valor de 633,33 NMP/100 ml, se encuentra fuera de los límites máximos permisibles (2 mg/l para la DBO5 – 600 NMP/100 ml para coliformes fecales), por lo tanto, no cumple con la normativa.

Tabla 27

Comparación global de los seis puntos de muestreo con la Normativa Ambiental Vigente

Resultados Obtenidos									
Parámetros	P	G	U	M	Psi	LMP	Unidad	Cumple	
								Si	No
Coliformes Fecales	563,33	200,00	456,67	376,67	460,00	600,00	NMP/100 ml	X	
DBO5	453,67	422,67	490,00	405,67	458,33	2,00	mg/L		X
Fosfatos	0,52	0,54	1,41	1,91	1,27	NE	mg/L	-	-
Nitratos	6,26	4,91	6,28	2,16	6,83	10,00	mg/L	X	
Oxígeno Disuelto	9,32	8,95	8,64	8,69	8,74	6,00	mg/L	X	
pH	5,31	5,26	5,29	5,27	5,27	45541,00	-	X	
Solidos Disueltos Totales	66,67	83,33	83,33	100,00	86,67	1000,00	mg/L	X	
Temperatura	12,47	14,95	15,20	15,31	15,43	Condición natural +0-3 grados	°C	X	
Turbidez	2,04	3,57	3,22	3,22	4,18	100,00	NTU	X	

Nota. Valores de los puntos de muestreo obtenidos comparados con la normativa ambiental vigente. Elaborado por: La autora

Se realizó la comparación seis puntos de muestreo el parámetro que no cumple con la normativa es la DBO5 ya que en la normativa establece 2 mg/L y como resultado promedio dio 447,835 mg/l de DBO5. Cabe recalcar que la Ptar no cumple también en el parámetro de coliformes fecales pues la norma establece 600 NMP/ 100ml mientras que de resultado dio 633,33 NMP/100 ml.

4.1.8. Medidas de prevención para la conservación de la microcuenca del río Cinto.

Con el propósito de conservar la microcuenca se deberá realizar mingas en donde se impulse la correcta eliminación de desechos sólidos, líquidos, excretas de personas, animales, además, un correcto manejo de las aguas grises y negras al ser descargadas en los cuerpos de agua dulce.

Desarrollar capacitaciones de educación ambiental a los moradores de la parroquia de Lloa, con el fin de que los propietarios de las zonas aledañas al río Cinto que hacen uso de sus aguas,

adquieran nuevo conocimiento del manejo correcto de la misma, de tal manera que, se fomente la conservación de la microcuenca impulsando practicas sostenibles y sustentables.

Implementar señaléticas enfocadas hacia un correcto manejo de los recursos naturales en los sectores aledaños al río Cinto con el propósito de concientizar ambientalmente a los moradores.

Es necesario elaborar un plan estratégico destinado a contribuir con la restauración ambiental, basándose en los análisis previamente ejecutados en la microcuenca.

Garantizar el desarrollo sostenible de la microcuenca, mediante controles estrictos que reduzcan la contaminación del agua proveniente de actividades ganaderas, mineras y piscicultura, con el uso adecuado de productos destinados a dichas actividades.

Implementar sistemas de control y monitoreo con el fin de estimar la calidad del agua, así como la salud de los ecosistemas acuáticos y verificar que las medidas de conservación se estén cumpliendo.

4.2. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos de la presente investigación, el río Cinto presentó caudales bajos en los seis puntos de estudio. Según Pauta et al. (2019), “En la época de estiaje se puede dar un incremento de acumulación de sustancias tóxicas, porque, la corriente pierde la capacidad de autodepuración del río” (p.83). La toma de muestras de las zonas de estudio del río Cinto se realizó en época de verano en el mes de septiembre.

Los valores obtenidos de temperatura, pH, Oxígeno disuelto y turbidez del río Cinto recolectados en la época de invierno y comparados con los resultados obtenidos en la época de verano, tienen cierta diferencia. Según Quilumbaqui (2017), “Los valores de pH superiores a 7.32, estiman una posible afectación de los ecosistemas de estos ríos debido a la presencia de amonio en

sus aguas” (p.20). Con un pH promedio de 5,30 obtenido en el caso de estudio se descarta la existencia de amonio en el río Cinto.

La demanda Bioquímica de oxígeno promedio de los seis puntos de estudio es de 447.835 mg/l. Según Olmedo (2023), “Mientras mayor sea la cantidad de materia orgánica en el agua más alta será la DBO” (p.80). es decir, en el caso de estudio este parámetro sobrepaso los 2 mg/l establecidos en la normativa con 445,835 mg/l, como resultado de esto se da un agotamiento de oxígeno en los cuerpos de agua.

Siete de los nueve parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, DBO5, nitratos fosfatos, sólidos disueltos totales, turbidez, oxígeno disuelto) y microbiológicos (coliformes fecales) incumplen con la norma establecida. Según González et al. (2021), “Es importante agregar que determinar el uso de agua potable mediante un ICA es de cuidado pues se puede encontrar Buena Calidad incumpliendo los requerimientos de uno o dos parámetros de la norma que lo declararía no apta para el consumo” (p.124). Con los resultados obtenidos la calidad de agua del río Cinto es mala, pero a la vez, la mayoría de los parámetros si cumple con la normativa ambiental vigente.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se concluye que la zona con mayor presencia de contaminación en el agua es la Urbana ya que se obtiene un valor de 34,33 en el análisis del índice de calidad del agua, es decir, el resultado se encuentra dentro de la clasificación de calidad de agua mala, por otra parte, la posible causa de contaminación del agua es por descargas clandestinas que son vertidas directamente en la zona de estudio.

Los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, DBO5, nitratos fosfatos, sólidos disueltos totales, turbidez, oxígeno disuelto) y microbiológicos (coliformes fecales) del índice de calidad de agua cumplen con la normativa ambiental vigente, excepto, la demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes fecales que son parámetros que están fuera de los límites establecidos. Al arrojar valores promedios de 447.835 mg/l para la DBO5 en los seis puntos de estudio debido a la alta concentración de este parámetro el río posee contaminación y 633,33 NMP/100ml para los coliformes fecales en la zona de descarga de la planta de tratamientos de aguas residuales. por tanto, el agua de la microcuenca del río Cinto no es apta para consumo humano.

Se propuso medidas de conservación para la microcuenca del río Cinto basado en los resultados obtenidos en la presente investigación, haciendo énfasis en el correcto manejo del agua, por lo que, existen varias actividades antropogénicas que se realizan en la zona principalmente como la ganadería, minería y piscicultura, además, los propietarios de estos proyectos no poseen el conocimiento suficiente para preservar los recursos hídricos de la zona.

5.2. Recomendaciones

Continuar con investigaciones complementarias a la investigación realizada para establecer otros puntos de contaminación del agua y de esta forma tener un mapeo para establecer medidas de prevención control y mitigación.

Realizar programas de concientización ambiental a los moradores de la zona con el fin de dar a conocer los aspectos negativos que causa la contaminación producida por sus actividades diarias.

Monitorear constantemente puntos estratégicos a lo largo de la microcuenca del río Cinto para verificar si sus aguas están en cumplimiento con la normativa ambiental vigente, en caso de que no cumplan con la norma establecer sanciones económicas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Corro, J. F. (2019). Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac.
- Altamirano Mateus, M. G. (2013). Estudio hidro químico y de calidad del agua superficial en la cuenca del río Mira.
- Alvarado, m. S. C. (2016). Facultad de ciencias químicas escuela de ingeniería ambiental (Doctoral dissertation, Universidad de Cuenca).
- Apolo Cárdenas, M. E. (2021). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados en el río Cinto en un rango altitudinal de 2.750–3.500 msnm, Quito Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Araque Arellano, M., Vásquez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas Hidrográficas.
- Armijos, L., & Enríquez, S. (2006). Diagnóstico ambiental y propuesta de manejo Ecoturístico de la parroquia de Lloa. *Proyecto previo a la obtención del título de especialista en tecnología y gestión medio ambiental*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8341/3/CD-0641.pdf>
- Bello, M. y Pino, MT (2000). Medición de presión y caudal.
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2015). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Water Environment Federation (ed.); 3rd Edition). American Public Health Association.

- Brown, RM, McClelland, NI, Deininger, RA y Tozer, RG (1970). Un índice de calidad del agua: ¿nos atrevemos? Obras de agua y alcantarillado, 117 (10).
- Cadena de la Espriella, V. A., & Yáñez Catota, L. A. (2019). Estimación del impacto de la actividad del enduro en las propiedades hidrofísicas del suelo en el páramo de la cuenca alta del río Cinto (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).
- Caho-Rodríguez, C. A., & López-Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Producción+ limpia, 12(2), 35-49.
- Cárdenas Novillo, 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 (Bachelor's thesis).
- Chamba Moreno, K. L., & Guallasamin Calispa, S. V. (2015). Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo-Imbabura (Bachelor's thesis).
- Chamorro, G. (2011). Estimación del Caudal por el Método de Flotadores. Lima, Perú. Recuperado de http://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf.
- GAD Parroquial de Lloa. (2020). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2023 parroquia de Lloa. <http://www.gadlloa.gob.ec/web/index.php/2019-08-30-19-49-20/pdto-2020-2023>

- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*, 25(2), 115-126.
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. Series: Libros de Cátedra.
- Granizo Taboada, R. M., & Toa López, V. N. (2020). Determinación del índice de calidad de agua (ICA–NSF) de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de páramos, Parroquia Sucre, Cantón Patate (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).
- Gutiérrez Caiza, C. (2014). Hidrología básica y aplicada.
- Herrera, C., Pacheco, P., Orihuela, M., & Cobo, E. (2018). Guía de monitoreo participativo de la calidad del agua. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 73.
- INEN. (2013). Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo Y Conservación De Muestras. Norma Técnica Ecuatoriana, 26.
- Jaque Castellano, E. S., & Potocí Guerrero, C. L. (2015). Evaluación del índice de calidad de agua (ica) de la microcuenca del río Chibunga, en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo–Ecuador, durante el periodo 2014 (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Jean, P. (2013). Programa regulatorio agrícola: recursos para agricultores. Nitrato en el agua potable. Water Boards, 1
- Lima, J., & Sarabia, F. (2022). Implementación de un protocolo piloto de muestreo automático para el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Lloa. *Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogos en Agua y Saneamiento*

Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21095/1/CD%2010607.pdf>

Lux Cardona, B. (2016). Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas.

MAE. (2015). Libro VI, Anexo I. En M. d. Ambiente, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Ecuador.

Monge Zambrano, J. N. (2021). Diseño de una Hidroeléctrica en el Río Cinto, Valle de Lloa, Quito (Bachelor's thesis, Quito).

Morales, C. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Lloa 2015-2019*. Obtenido de <http://www.gadlloa.gob.ec/PDOT-LLOA-2015-20019.pdf>

Olmedo Pozo, D. M. (2023). Estudio de parámetros físicos y químicos para evaluar la capacidad de autodepuración del río El Cinto, ubicado en la parroquia Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha (Bachelor's thesis).

Pauta, G., Velazco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, Ó., & Abril, A. (2019).

Quindío, C. P. (2017). Mnambiente. Caracterización De La Cuenca, 7, 12. https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La_Vieja_-_POMCA_en_Ajuste/Fase_Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

Quilumbaqui Cushcagua, C. A. (2017). Determinación de la concentración de elementos mayores en dieciocho ríos de la provincia de Pichincha, Ecuador (Bachelor's thesis, Quito).

7. ANEXOS

Anexos 1

Parametrización de la zona de estudio



Nota. Delimitación de la sección para medición de caudal.

Anexos 2

Medición de la velocidad



Nota. Obtención de datos para la velocidad con un flotador.

Anexos 3

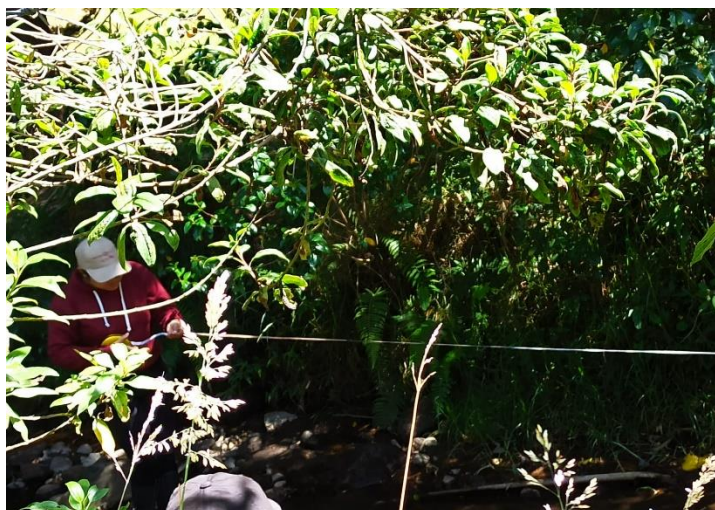
Medicion de profundidad



Nota. Medición de la profundidad por tramos.

Anexos 4

Medicion del área



Nota. Medición de la longitud del tramo.

Recolección de muestras

Anexos 5

Muestra de agua



Nota. Recolección de la muestra de agua en botellas plásticas.

Anexos 6

Medición de parámetros in situ



Nota. Obtención de datos de parámetros in situ (pH, sólidos disueltos totales, temperatura).

Anexos 7

Medición de oxígeno disuelto



Nota. Obtención de datos de parámetros in situ (oxígeno disuelto).

Anexos 8

Muestras de agua del río Cinto



Nota. Muestras de agua

Anexos 9

Conteo de coliformes fecales



Nota. Conteo de coliformes fecales

Anexos 10

Análisis de coliformes fecales



Nota. Resultados obtenidos de coliformes fecales