



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO

Título:

Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del
río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida
corto

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión
Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible

Autor:

Ing. Diana Maricela Sailema Jiménez

Tutor:

Ing. Catherine Isabel Donoso Quimbita, MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

2024

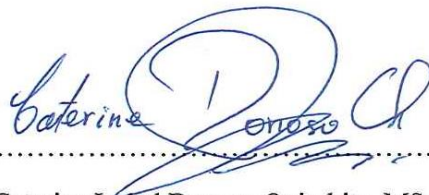
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto” presentado por Diana Maricela Sailema Jiménez para optar por el título Magister en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe su exposición y defensa pública.

Latacunga, agosto, 07, 2024

A handwritten signature in blue ink, reading "Caterine Isabel Donoso Quimbata". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial "C".


.....
Ing. Caterine Isabel Donoso Quimbata, MSc.

CC. 0502507536

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: "Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto", ha sido revisado, aprobado y autorizado para su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, agosto, 07, 2024



.....

Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, MSc.
CC. 0502188451
Presidente del tribunal



.....

Ing. Renan Arturo Lara Landázuri, MSc.
CC. 0400488011
Lector 2



.....

Ing. José Luis Agreda Oña, MSc.
CC. 0401332101
Lector 3

DEDICATORIA

La razón por la que la vida me hizo más fuerte,
mi principal motivación:
Camila.

Diana Sailema

AGRADECIMIENTO

 Mi agradecimiento infinito para Dios,
por darme la vida y coraje para seguir adelante.
 Para mi madre y a mi padre.

 Gracias infinitas a mi directora de proyecto
 MSc. Caterine Donoso,
por su conocimiento compartido.

Diana Sailema

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, agosto, 07, 2024



Ing. Diana Maricela Sailema Jiménez

CC. 1804981734

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, agosto, 07, 2024

A handwritten signature in blue ink, reading "Diana Sailema", enclosed within a blue oval. The signature is positioned above a horizontal dotted line.


Ing. Diana Maricela Sailema Jiménez

CC. 1804981734

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien subscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, agosto, 07, 2024



.....
Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, MSC.
CC. 0502188451

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE

Título: Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto.

Autor: Ing. Diana Maricela Sailema Jiménez

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue proponer una metodología de selección de parámetros físico – químicos para la delimitación de planes de monitoreo de calidad del agua superficial del río Illuchi, para lo cual, inicialmente se llevó a cabo un diagnóstico situacional para la determinación de la calidad del recurso hídrico, realizando para ello la recopilación y organización de la información perteneciente a las campañas de monitoreo pertenecientes al GAD Latacunga, en donde, se delimitó un total de 28 puntos de muestreo y 1716 datos correspondientes a 22 parámetros. A continuación, se procedió a identificar los límites máximos permitidos para cada uno de los parámetros físico-químicos, denominados “inputs” en la metodología del análisis de ciclo de vida corto (ACVC), para lo cual, fueron consideradas dos fuentes, la primera basada en la Norma INEN 1108 y la segunda según lo establecido por el ANEXO I del Libro VI del TULSMA según el Acuerdo Ministerial 097-A. Luego, se delimitó los impactos ambientales, escalas, categorías afectadas, factores de caracterización y determinación de las Unidades de Impacto Ambiental (EIU), siendo los parámetros con mayor relevancia: el color (61,81%), la turbiedad (19,28%) y la concentración de hierro con el (13,97%). Finalmente, fue factible la priorización de parámetros, logrando una reducción del 57,14% en los costos de monitoreo, potenciando la evaluación de la calidad del recurso hídrico y promoviendo a la vez una metodología que posibilite el diseño eficiente de planes de monitoreo ambiental. Por lo antes mencionado, se concluye que mediante la identificación de factores críticos es posible contribuir con la gestión ambiental del río Illuchi, y demás cuencas de importancia ambiental.

PALABRAS CLAVE: ACVC, planes de monitoreo, parámetros físico - químicos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO
SOSTENIBLE

Topic: "Surface water quality management in the Illuchi River micro-watershed using the short life cycle analysis methodology".

Author: Sailema Jiménez Diana Maricela

ABSTRACT

The aim this study was to propose a selecting physical-chemical parameters methodology for the quality monitoring plans delimitation for the Illuchi River surface water, for which, it was initially carried out a situational diagnosis for the determination the water resource quality, making for this, the information collection and organization belonging to the monitoring campaigns, belonging to the Latacunga GAD, where was delimited a total 28 sampling points and 1716 data corresponding to 22 parameters. Next, it was come from to identify the maximum permitted limits for each the physical-chemical parameters, called "inputs" in the short life cycle analysis (ACVC) methodology, which, were considered two sources, the first based on the INEN 1108 Standard and the second as it established by ANNEX I of Book VI of TULSMA according to Ministerial Agreement 097-A. Then, it was delimited the environmental impacts, scales, affected categories, characterization factors and Environmental Impact Units (EIU) determination, by being the most relevant parameters: the color (61.81%), turbidity (19.28%) and iron concentration (13.97%). Finally, it was feasible the prioritization parameters, achieving a 57.14% reduction in monitoring costs, enhancing the water resource quality assessment and promoting turn a methodology, which makes possible the environmental monitoring plans efficient design. For the before aforementioned, it is concluded, what identifying critical factors it is possible to contribute to the environmental management from Illuchi River and other basins from environmental importance.

KEYWORDS: ACVC, monitoring plans, physical-chemical parameters.

Yo, Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número: 0502666514 Magíster en Lingüística Aplicada en la enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT ; 1020-2021-2354162: **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **"GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLUCHI EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA CORTO"** de: Sailema Jiménez Diana Maricela, aspirante a Magíster en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible:

Latacunga, Agosto del 2024.

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL PRESIDENTE.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Fundamentación epistemológica.....	10
1.2.1. Cuenca hidrográfica	10
1.2.1.1. Partes de una cuenca	11
1.2.2. Calidad del agua.....	11
1.2.2.1. Importancia de la calidad del agua.....	12
1.2.3. Indicadores de la calidad del agua	13
1.2.3.1. Parámetros físicos	15
1.2.3.2. Parámetros químicos	15
1.2.4. Planes de monitoreo de calidad del agua	16

1.2.4.1. Tipos de monitoreo de calidad del agua.....	17
1.2.5. Análisis de ciclo de vida corto ACVC	18
1.2.5.1. El proceso del ACVC.....	19
1.2.6. Normativa ecuatoriana vigente	21
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1. Enfoque de la investigación	23
2.2. Tipo de investigación	23
2.3. Localización y periodo de estudio de la investigación.....	23
2.4. Diseño experimental.....	25
2.5. Alcance investigativo	30
2.6. Herramientas digitales para el procesamiento de la información	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1. Secciones del río Illuchi	31
3.2. Recopilación y organización de la información.....	31
3.3. Comportamiento espacio – temporal	33
3.3.1. Procesamiento inicial de la información	33
3.3.2. Medidas de dispersión en los datos de monitoreo.....	36
3.4. Determinación de límites máximos permitidos	39
3.5. Potenciales de Concentración vs Límites máximos	43
3.6. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida Corto (ACVC)	52
3.6.1. Delimitación de impactos ambientales.....	52
3.6.2. Factores de caracterización y unidad de referencia.....	54
3.6.3. Parámetros de alta peligrosidad sin delimitación de límites máximos	54
3.6.2. Priorización de parámetros físico – químicos	56
3.6.3. Análisis multicriterio de los planes de monitoreo.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61

CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
Anexo	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas	4
Tabla 2. Etapas del proyecto de desarrollo	5
Tabla 3. Indicadores habituales de la calidad del agua	14
Tabla 4. Parámetros químicos de la calidad del agua	16
Tabla 5. Información geográfica del río Illuchi	24
Tabla 6. Datos meteorológicos de la zona de estudio	25
Tabla 7. Datos hidrológicos de la zona de estudio.....	25
Tabla 8. Parámetros físico – químicos evaluados	27
Tabla 9. Puntos de muestreo río Illuchi GAD Latacunga	31
Tabla 10. Distribución cuantitativa de análisis de calidad.....	34
Tabla 11. Disponibilidad de los datos de monitoreo.....	35
Tabla 12. Límites máximos permitidos según la Norma INEN 1108.....	40
Tabla 13. Límites máximos permitidos según el Acuerdo Ministerial 097-A.....	42
Tabla 14. Caracterización de impactos por parámetro.....	53
Tabla 15. Factores de caracterización y unidad equivalente.....	54
Tabla 16. Estudio de impacto ambiental	55
Tabla 17. Priorización de parámetros para planes de monitoreo	57
Tabla 18. Modelo procedimental para el diseño de planes de monitoreo	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Ejemplificación de cuencas Endorreicas y Exorreicas	10
Figura 2. Partes de una cuenca hidrográfica	11
Figura 3. Diagrama de procesos del ACVC.....	19
Figura 4. Mediciones de Color río Illuchi vs Años de monitoreo.....	44
Figura 5. Mediciones de Color vs 2021	44
Figura 6. Mediciones de Turbiedad río Illuchi vs Años de monitoreo	45
Figura 7. Mediciones de Turbiedad vs 2021	45
Figura 8. Mediciones de pH río Illuchi vs Años de monitoreo	46
Figura 9. Mediciones de pH vs 2021	46
Figura 10. Concentraciones de Sulfatos vs Años de monitoreo.....	47
Figura 11. Concentraciones de Sulfatos vs 2021	47
Figura 12. Concentraciones de Nitratos vs Años de monitoreo.....	48
Figura 13. Concentraciones de Nitratos vs 2021	48
Figura 14. Concentraciones de Nitritos vs Años de monitoreo	49
Figura 15. Concentraciones de Nitritos vs 2021	49
Figura 16. Concentraciones de Hierro vs Años de monitoreo	50
Figura 17. Concentraciones de Cromo Total vs Años de monitoreo	51
Figura 18. Concentraciones de Cromo Total vs 2021	51
Figura 19. Concentraciones de Níquel vs 2021	52

Título del Proyecto: Gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Proyecto de investigación asociado: NA.

Grupo de investigación: NA.

Red nacional o internacional: NA.

INTRODUCCIÓN

Es esencial resaltar que la capacidad de sobrevivencia de la especie humana se debe en cierta medida a la utilización de los recursos naturales. No obstante, la falta de planificación y la ignorancia sobre las posibles consecuencias negativas de la explotación inadecuada de estos recursos han dado lugar a la contaminación del medio ambiente. (Samboni et al., 2017). Es así, que el recurso hídrico ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más contaminantes y difíciles de tratar en función de su naturaleza química, siendo estas habitualmente parte de desperdicios que son vertidos a las corrientes.

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador Art. 14. (2008), “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. Declarando de esta forma: la preservación del ambiente, la conservación de ecosistemas, la biodiversidad, entre otros factores ambientales como tema de interés público en función de la protección ambiental.

Es así como con el pasar de los años el recurso agua ha tomado gran relevancia en cuanto al desarrollo poblacional, bajo la perspectiva que sin este recurso la vida sería imposible. A pesar de esto, el recurso hídrico se ve alterado por varias razones entre ellas: vertidos de aguas residuales, actividades industriales, urbanización, uso de compuestos químicos contaminantes para la agricultura y la crianza de animales,

entre otras actividades humanas que favorecen la contaminación de los cauces de agua (Reyes & Zambrano, 2022).

Razón por la cual, agencias gubernamentales, ambientales, universidades y una gran variedad de organizaciones se han preocupado por la evaluación del impacto antrópico sobre los recursos hídricos, esto por medio del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, mediante la implementación de programas de monitoreo.

Para lo cual, el tratamiento de datos obtenidos de dichos monitoreos suele representar una tarea costosa y en muchas instancias de difícil entendimiento para los actores involucrados en el proceso de la valoración de la calidad. Cabe destacar que en la actualidad la información obtenida permite la resolución de una gran variedad de conflictos como el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos, los mismos que de cierta forma se ven involucrados también con los aspectos socioeconómicos (Basterrechea & Guerra, 2019).

En consecuencia, los antecedentes del presente proyecto de investigación están basados en los desafíos actuales asociados a la preservación de la calidad de agua y por lo tanto, a la resolución de los grandes problemas relacionados a la creciente contaminación del recurso hídrico, mediante la selección de los parámetros físico químicos idóneos para su implementación en planes de muestreo de calidad del agua.

De tal forma, el **Planteamiento del problema** del presente proyecto de investigación, se basa en la falta de alternativas de mejora para la administración de: costos, tiempo y esfuerzo para la vigilancia óptima de la calidad del agua con la rigurosidad y especificidad requerida por la zona en estudio. Generando de tal manera, una mejora significativa en la representatividad y empleabilidad de los parámetros monitoreados en cuanto a la gestión ambiental.

En el Ecuador la contaminación y el desgaste del recurso hídrico es una de las mayores problemáticas actuales, ya sea por la ausencia de control por parte de las autoridades pertinentes, o por la falta de conciencia y compromiso ambiental por parte de la población. Estas causas han llevado al desconocimiento de las

condiciones actuales del agua, llevando a cabo acciones mal encaminadas en función de intentar combatir y/o remediar la presente problemática, es por ello fundamental poseer una clara idea del daño ocasionado.

Esto sumado a la evidencia recopilada por múltiples trabajos de investigación, en donde se ha determinado la eminente contaminación presente en la cuenca del Rio Illuchi (el cual atraviesa la ciudad de Latacunga), destacando para esto contaminantes que ocasionan grandes daños tanto a los seres humanos como a los recursos naturales, para lo cual, los principales factores de contaminación son las aguas servidas en la población, los efluentes industriales y los compuestos químicos contaminantes empleados en la agricultura (Castellanos, 2016).

De tal manera, es indispensable conocer la calidad del agua en función de delimitar si es aceptable o no para los diferentes usos que se le pueda dar, para esto el estudio de parámetros físico – químicos se vuelve indispensable y más aún el proceso y metodología de estudio de los mismos.

Es así que el presente estudio pretende responder a la siguiente **formulación del problema**: ¿Cuáles son los parámetros fundamentales para la evaluación del monitorio de calidad del agua dulce superficial, aplicado al rio Illuchi?

En respuesta a resolver la problemática presentada, se delimitó como **objetivo general**: Proponer una metodología de selección de parámetros físico - químicos para la delimitación de planes de monitoreo de calidad del agua superficial, en función de respaldar los procesos de toma de decisiones en cuanto a la gestión ambiental del rio Illuchi. Esto bajo el estricto cumplimiento de los **siguientes objetivos específicos**: Diagnosticar la calidad del agua del Rio Illuchi entre los años 2010 a 2021, por medio de análisis estadísticos descriptivos y espaciales en función de la selección de los parámetros físico – químicos críticos para el monitoreo ambiental; Analizar la aplicabilidad de los planes de monitoreo vigentes en el río Illuchi en función de alcanzar el aporte necesario en la toma de decisiones y seguimiento en cuanto a la gestión ambiental; y Delimitar una secuencia de pasos lógicos para la selección de parámetros físico – químicos en la propuesta de planes de monitoreo de calidad del agua, realizando un énfasis especial en la zona de estudio.

Para esto, a continuación se presenta el **sistema de tareas** planteado en respuesta a los objetivos específicos delimitados previamente (Tabla 1).

Tabla 1. Sistema de tareas

Objetivo específico	Actividad
1. Diagnosticar la calidad del agua del Río Illuchi entre los años 2010 a 2021, por medio de análisis estadísticos descriptivos y espaciales en función de la selección de los parámetros físico – químicos críticos para el monitoreo ambiental.	a) Delimitación de la zona de estudio.
	b) Recopilación y organización de la información.
	c) Análisis de cantidad del agua en la UH (Unidad Hidrográfica) del río Illuchi.
2. Analizar la aplicabilidad de los planes de monitoreo vigentes en el río Illuchi en función de alcanzar el aporte necesario en la toma de decisiones y seguimiento en cuanto a la gestión ambiental.	a) Implementación del análisis de ciclo de vida corto.
	b) Determinación de parámetros prioritarios para el monitoreo del agua.
3. Delimitar una secuencia de pasos lógicos para la selección de parámetros físico – químicos en la propuesta de planes de monitoreo de calidad del agua, realizando un énfasis especial en la zona de estudio.	a) Formulación de una metodología procedimental.

Elaborado por: Diana Sailema.

De tal manera, el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

- Ho: Por medio de la identificación de los factores físico – químicos críticos para planes ambientales de monitoreo no es factible contribuir con la gestión ambiental del río Illuchi.
- Hi: Por medio de la identificación de los factores físico – químicos críticos para planes ambientales de monitoreo es factible contribuir con la gestión ambiental del río Illuchi.

Por otro lado, para la presente investigación se han determinado las siguientes **etapas**, en función a los nudos críticos que se han identificado en referencia al problema de investigación.

Tabla 2. Etapas del proyecto de desarrollo

Etapa	Descripción
Etapa 1: Diagnóstico situacional	La fase inicial del presente proyecto de investigación corresponde al levantamiento y análisis de la información referente a los datos provenientes de monitores o mediciones realizadas en función de determinar la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Illuchi.
Etapa 2: Estudio Técnico	Esta etapa consta en delimitar aquellos factores fundamentales para el desarrollo de la propuesta, esto por medio de la implementación de metodologías y herramientas ambientales. Asimismo, se procedió con el estudio de la gestión ambiental vigente en la zona de estudio en función de determinar la viabilidad y la mejora potencial de la propuesta metodológica.
Etapa 3: Diseño de la propuesta	El monitoreo de la calidad del agua constituye una herramienta fundamental para conocer su estado y tomar decisiones en cuanto a información técnica y precisa. De tal manera, la presente etapa consta en el diseño teórico de un modelo para la priorización de parámetros físico—químicos que posibiliten un diagnóstico eficiente en los planes de monitoreo ambiental.

Elaborado por: Diana Sailema.

La implementación de metodologías nuevas que incorporen más de dos parámetros para la evaluación de la calidad del agua cobra cada vez más importancia (Samboni et al., 2017). Para lo cual, los índices de calidad engloban varios parámetros físico – químicos y en algunos casos microbiológicos, los cuales posibilitan reducir la información a una expresión sencilla, posibilitando la valoración eficiente del estado de los recursos naturales.

Para esto, las metodologías más relevantes para el estudio de la calidad del agua, se basan en estudios de parámetros como: DOB5 (demanda bioquímica de oxígeno), OD (oxígeno disuelto), NO₃⁻ (nitratos), pH (nivel de acidez), turbiedad, coliformes fecales, entre otros (NSF, 2016).

De tal manera, en la actualidad los índices de calidad desarrollados involucran desde un parámetro hasta más de 30, siendo capaz de agruparse en diferentes categorías: contaminación por materia orgánica e inorgánica, sustancias suspendidas y disueltas, eutrofización, aspectos de salud, características físico – químicas, niveles de oxígeno y sustancias disueltas (Samboni et al., 2017). Siendo los parámetros físico – químicos de especial interés para el presente trabajo de investigación.

Es así, que la necesidad de alternativas y la importancia de alcanzar un sistema de monitoreo de la calidad del recurso hídrico eficiente, permite **justificar** el presente trabajo de investigación; el cual, pretende servir como herramienta de información técnica, para la delimitación de las condiciones específicas de la calidad del agua, presentando también un modelo para la selección de parámetros físico – químicos esenciales para el estudio de cualquier zona de interés.

Aportando de esta manera, en la recolección óptima de información para la identificación acertada tanto de los problemas actuales como de las medidas oportunas para la protección de este recurso natural, rompiendo el esquema de la poca disponibilidad de información y por lo tanto, superando las dificultades para el desarrollo de una evaluación integral del recurso vital.

Es así, que el presente trabajo presenta su aporte en el aseguramiento de los objetivos de desarrollo y las delimitación mundiales de protección ambiental,

dentro de las cuales se enmarca el garantizar la disponibilidad sostenible del agua, enmarcando la investigación en el análisis multitemporal y territorial de la calidad del agua, junto al Análisis de Ciclo de Vida Corto; posibilitando con esto la identificación de los parámetros clave para la gestión hídrica y ambiental en cualquier ámbito de aplicación mundial.

Asimismo, en el Ecuador el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida” (PND), evidencia las afecciones presentes en los recursos hídricos del país, además de señalar su relación con el vertimiento de aguas residuales, residuos sólidos, nutrientes y agroquímicos. Afirmando de tal manera, la necesidad de generar la información pertinente en cuando al estado de las fuentes y balances hídricos, sin dejar de lado el control de calidad del recurso vital, favoreciendo de tal manera el trabajo entre el Gobierno Central y los GADs para la gestión sustentable del agua.

Por otro lado, la selección de la zona de estudio se efectuó en un área específica del río Illuchi, la cual, debe remarca su relevancia debido a las funciones de abastecimiento de agua para actividades productivas, consumo humano y consecuentemente por el aporte económico que esto representa.

De esta manera, se destaca la importancia de evaluar la forma en que se diseña un programa de muestreo ambiental, posibilitando un aporte significativo en la generación de mejoras estratégicas para la programación de monitoreos de control de calidad del recurso hídrico.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes

Por medio de la recopilación bibliográfica y el análisis documental, fue posible la recolección de: informes de proyectos de investigación, artículos científicos, análisis de casos, entre otros documentos en referencia al estudio y selección de los factores físico – químicos ideales para el diagnóstico eficiente de la calidad del recurso hídrico. La información recolectada fue empleada como los fundamentos teóricos y metodológicos del presente trabajo de investigación. En cuanto a los documentos recolectados, es factible destacar a los siguientes autores:

En el proyecto de investigación desarrollado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, denominado “Estudio para la selección de parámetros físico – químicos en planes de muestreo de calidad del agua superficial, aplicado al río Tomebamba”, se llevó a cabo el desarrollo de un modelo procedimental que posibilita la selección priorizada de parámetros físico – químicos; esto mediante el estudio espacio temporal de la calidad del agua bajo el análisis de los datos históricos reportados por varias instituciones ambientales. Adicionalmente fue implementada la metodología del análisis de ciclo de vida corto bajo la consideración de las normativas ambientales nacionales e internacionales vigentes. Obteniendo como resultado la priorización de 17 parámetros en representación de la calidad del recurso hídrico de la zona, los cuales, tienen el potencial de generar un diagnóstico eficiente para la toma de decisiones ambientales. De tal manera, la orientación y la metodología propuesta para la UH del río Tomebamba fueron tomadas como bases para el presente proyecto de investigación (Evelyn, 2019).

En el artículo de revista académica publicado por la editorial Eudeba, denominado “Indicadores físico – químicos ¿qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua?”, se presenta un análisis significativo de los principales indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad de agua, junto con la correspondiente discusión de sus aplicaciones en distintos casos. Asimismo, este trabajo presenta los métodos de análisis, interpretación y confiabilidad de los datos ambientales. De tal forma, el estudio de parámetros físicos y químicos, así como el nivel de

significancia analizado para la determinación y/o diagnóstico de la calidad del agua, fueron considerados como parte de las bases teóricas del presente proyecto de investigación (A. Fernández & Vopedo, 2020).

En el artículo de revista académica publicado por Enfoque UTE, denominado “Variaciones físico – químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí”, presenta el estudio de las conmutaciones físico – químicas de la calidad del agua del río Carrizal, considera el análisis de 21 estaciones de muestreo en una extensión de 51 km; y evalúa las variaciones de los parámetros bajo el índice de calidad de agua denominado “índice de dureza”, a lo largo de la cuenca alta hasta la cuenca baja del río en estudio. Los resultados obtenidos en esta investigación, factores físico – químicos (OD, CE, Dureza total, Alcalinidad, Sulfatos, pH, POR, SS, ST, Turbidez) se consideraron en el presente proyecto como referencia para la priorización de factores para el diseño de un sistema de monitoreo eficiente (Aveiga et al., 2019).

En el artículo de revista académica publicado por CienciaUAT, denominado “Hydrological model, wáter quality and climate change: support for the integral management of the Soto la Marina river watershed”, se llevó a cabo el desarrollo de un modelo hidrológico de disponibilidad y calidad del agua de la cuenca del río en estudio, se evaluó la calidad de la cuenca del río Soto la Marina en 15 puntos, , mediante vectores de hidrología, monitoreo y calidad del agua. (Vázquez et al., 2021).

En el artículo de revista académica publicado por la REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN, denominado “A review of physical – chemical parameters as water quality and contamination indicators”, se presenta una revisión de los indicadores de calidad del agua ICA e ICO y de los correspondientes parámetros físico – químicos requeridos para su cálculo, siendo estos los más empleados en los países de América y Europa; Además, se observa el diseño e interpretación de dichos parámetros para la evaluación de la calidad del recurso hídrico. (Samboni et al., 2017).

1.2. Fundamentación epistemológica

El presente punto pretende exponer una compilación teórica de los conceptos básicos en cuanto a la selección de parámetros físico – químicos, planes de monitoreo ambiental y gestión ambiental del recurso hídrico, la misma que tiene como objetivo el brindar las bases necesarias para la correcta comprensión del presente trabajo de investigación por parte del lector. Asimismo, en función de delimitar las bases legales del proyecto se expone la normativa ambiental vigente relacionada.

1.2.1. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un espacio geográfico en donde el hombre desempeña sus actividades para subsistir, bajo las consideraciones de los recursos naturales y los seres vivos que componen dicho espacio. De tal manera, una cuenca se considera como un balance, en la cual, el agua entra por medio de la precipitación y sale a causa de la escorrentía y la infiltración formada por la topografía propia del terreno (Moreira et al., 2020).

Por otro lado, en cuanto a los tipos de cuencas es factible establecer su clasificación en las siguientes (González & Palacios, 2020):

- Cuenca Endorreica, la cual, no tiene un punto de salida, siendo el agua de la misma aculada en un espacio en forma de un lago (Figura 1, a).
- Cuenca Exorreica, en la cual, el recurso hídrico se une con otras corrientes como un río o el mar (Figura 1, b).

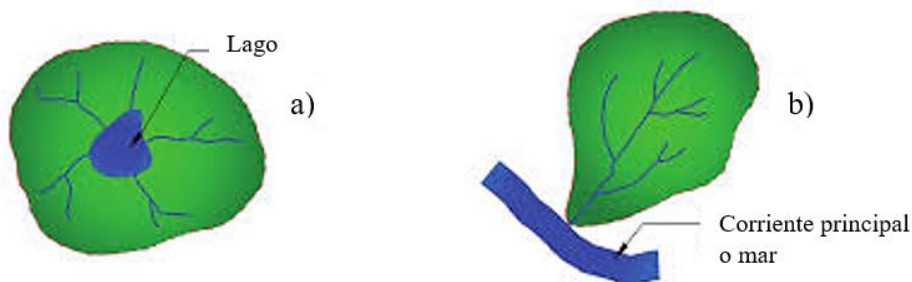


Figura 1. Ejemplificación de cuencas Endorreicas y Exorreicas

Fuente: (González & Palacios, 2020).

1.2.1.1. Partes de una cuenca

Una cuenca se encuentra segmentada en tres partes: la parte alta que representa la zona con mayor altitud, bajas temperaturas y pronunciadas pendientes, en donde nace el agua; la parte media, se encuentra entre la parte alta y baja de la cuenca, presenta una pendiente menos pronunciada y un mayor nivel de asentamiento humano; finalmente la parte baja de la cuenca, es la zona con menor altitud de la misma, pendientes bajas, temperaturas altas en relación a la parte alta y una mayor evidencia de asentamientos humanos (Meléndez, 2019). En la Figura 2 se representa gráficamente las partes antes mencionadas.



Figura 2. Partes de una cuenca hidrográfica

Fuente: (MASTERGIS, 2022).

1.2.2. Calidad del agua

La disponibilidad y la calidad del agua representan dos parámetros fundamentales para la vida y el desarrollo de cualquier región en el mundo. Latinoamérica es una de las regiones del planeta con mayor presencia de este recurso natural en relación a la cantidad de pobladores, si bien dichos recursos se encuentran distribuidos heterogéneamente (A. Fernández & Vopedo, 2020).

Sin embargo y a pesar de la importancia de este recurso, el deterioro de la calidad del mismo es un grave y creciente problema, para lo cual, se lo considera como una de las principales problemáticas a nivel ambiental. Para esto, las causas

fundamentales de la contaminación del agua son: los vertidos no controlados de aguas residuales (tanto urbanas como industriales) y las prácticas agrícolas no eficientes (Bastidas & Vasquez, 2022).

Entre otros factores, la contaminación atmosférica, el depósito de sustancias peligrosas en suelos, el excesivo bombeo de aguas subterráneas, la minería y la destrucción de zonas de recarga y humedales también aportan al deterioro de la calidad del recurso vital. De esta manera, contribuyendo a la transmisión hídrica de enfermedades, la pérdida de ecosistemas, la disminución productiva del suelo, entre otros efectos a causa de la contaminación (Baird, 2001).

El concepto de la calidad del agua está directamente relacionado al uso destinado para la misma, es decir, que este representa una medida de la condición del recurso hídrico en relación con los requisitos específicos para su uso (consumo humano, animal, industrial, etc.) (Rojas, 2018). Esta calidad es habitualmente determinada por medio de indicadores, los cuales son un reflejo de la manifestación de una propiedad o cualidad del agua.

La Directiva Marco del Agua (DMA) define a la calidad del agua como el conjunto de condiciones naturales que deben ser preservadas de manera íntegra en el recurso natural, con la finalidad de evidenciar un ecosistema en equilibrio y de esta forma dar cumplimiento a ciertos objetivos específicos presentados en los planes hidrológicos de la zona (S.L. Interconsulting Bureau, 2019).

Asimismo, la (ONU-DAES, 2015) Organización de las Naciones Unidas (2015), menciona que “La calidad de cualquier cuerpo de agua, ya sea superficial o subterráneo, está determinada tanto por factores naturales como por la influencia de las actividades humanas”, destacando de igual manera que dicha calidad es determinada por medio de la comparación de características químicas, físicas y biológicas frente a las normativas de toxicidad establecidas en dependencia a su incidencia en la salud de los seres humanos y los ecosistemas.

1.2.2.1. Importancia de la calidad del agua

En el transcurso de la historia humana se ha dado prioridad a la cantidad de agua disponible, esto en función de incrementar el nivel de acceso al recurso vital, lo

cual, sin duda alguna es de suma importancia tanto para el ser humano como para los ecosistemas. No obstante, es de vital importancia que el agua tenga una buena calidad, lo que ha llevado a que se dé prioridad a la mejora de la calidad del agua. Se ha percibido que la contaminación del agua se ha agravado en la mayoría de las fuentes de América Latina desde la década de 1990, lo que representa un gran problema. (UNEP, 2016).

El incremento de la contaminación del recurso hídrico viene dado a causa del acelerado incremento de las descargas de aguas residuales hacia ríos y lagos, lo cual, está directamente relacionado al crecimiento poblacional y a la intensificación del desarrollo de la zona (UNEP, 2016). Es así que el Ecuador se evidencia una creciente presión sobre los ecosistemas montañosos, principalmente a causa de la expansión de la frontera agrícola y la deforestación, sin considerar el elevado valor ecológico de estas zonas debido a su biodiversidad (Espinoza, 2015).

De esta manera, a pesar de que la contaminación es un factor presente y en constante deterioro en América Latina, gran parte de los ríos existentes aún mantienen un estado que posibilita preservar sus condiciones de calidad, principalmente por medio de acciones que permitan identificar y detener la contaminación.

1.2.3. Indicadores de la calidad del agua

Según Fernández & Vopedo (2020), estos indicadores pueden ser parámetros físicos, químicos o biológicos, los cuales, pueden ser evaluados individualmente o de forma grupal. A continuación, se exponen algunos de los parámetros de estudio más comunes (Tabla 3):

Tabla 3. Indicadores habituales de la calidad del agua

Indicadores Físicos	Indicadores Químicos	Indicadores Biológicos
Turbidez	pH	Métodos ecológicos
Sólidos en suspensión	Dureza	Métodos microbiológicos
Color	Oxígeno disuelto	Métodos fisiológicos y bioquímicos
Olor y Sabor	Indicadores de materia orgánica (DBO, DQO, COT)	Métodos ecotoxicológicos
Temperatura	Nutrientes	
Conductividad	Plaguicidas	
	Metales pesados	

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).

Para esto, los parámetros físicos químicos proporcionan una información extensa en cuanto a la naturaleza de las especies químicas y sus características físicas, sin brindar información específica acerca de su relación en los ecosistemas acuáticos. Por otro lado, los métodos biológicos aportan con esta información pero no tienen el potencial de delimitar la contaminación o los contaminantes responsables, por lo cual, una gran variedad de autores recomienda la implementación de ambos en el control de calidad del agua (Orozco & Pérez, 2015).

Cabe destacar, que los métodos y/o indicadores físico-químicos presentan como ventajas: un rápido análisis y la posibilidad de un monitoreo frecuente de los mismos en comparación con los métodos biológicos (Samboni et al., 2017). Sin embargo, de forma independiente del tipo de parámetros empleados para el monitoreo de calidad del agua, siempre se generará un gran número de datos, los cuales, requieren un tratamiento e interpretación, tarea compleja y de cierto grado de dificultad en cuanto al entendimiento de la valoración de la calidad, principalmente ya que en muchas ocasiones se incurre en la pérdida de información y/o costes que no justifican los resultados alcanzados.

De acuerdo con N. Fernández & Solano (2005), los resultados de un monitoreo deben posibilitar la resolución de una gran variedad de conflictos como: el uso del recurso hídrico y la integridad de los sistemas acuáticos, destacando entre esto la importancia de la correcta identificación de parámetros y métodos de estudio de la

calidad del agua. De tal manera, a continuación se aborda el estudio específico de parámetros físico-químicos:

1.2.3.1. Parámetros físicos

Este grupo abarca a las sustancias que presenta una incidencia directa en la composición estética del agua, existiendo tanto parámetros apreciables a simple vista y fácilmente detectables, como otros parámetros que requieren de metodologías específicas para su determinación (Peñañiel, 2014). A continuación, se describen brevemente algunos de las principales propiedades físicas consideradas en cuanto a las características de un río (Peñañiel, 2014):

- **Turbiedad**, es la capacidad que presenta el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz.
- **Color**, este es generado por las sustancias disueltas y por los coloides contenidos en el agua. Existe el color aparente y el verdadero.
- **Olor**, se presenta por la presencia de sustancias varias en el agua, estas pueden ser: compuestos de índole orgánica, bacterias, desechos industriales, entre otros causales.
- **pH**, este representa el nivel de acides o basicidad del agua.
- **Temperatura**, este parámetro influye directamente en el desarrollo de la fauna y flora presentes en las corrientes de agua.
- **Conductividad**, representa la presencia de sales en forma ionizada, siendo medido en $\mu\text{mhos/cm}$.
- **Sólidos**, existen diversas formas en las que se puede localizar a los sólidos en el agua, estas son: suspendidos volátiles, suspendidos, disueltos, disueltos volátiles y sedimentables. Cabe destacar que a partir de este parámetro son establecidas las relaciones con la DBO y DQO, turbiedad y color.

1.2.3.2. Parámetros químicos

Los parámetros químicos se clasifican en dos clases: indicadores y sustancias químicas. A continuación, se presenta una breve descripción de los parámetros contenidos en dichas categorías:

Tabla 4. Parámetros químicos de la calidad del agua

Indicadores	Sustancias químicas
<p>Acidez, en las corrientes de agua habitualmente la acidez es menor a 8,5.</p>	<p>Grasas, este factor está compuesto por hidrocarburos, aceites, ceras, esterres y ácidos grasos con un elevado peso molecular.</p>
<p>Alcalinidad, es la capacidad que posee el recurso hídrico para neutralizar los componentes ácidos presentes en el agua.</p>	<p>Detergentes, se clasifican en detergentes tipo LAS (Alkyl-Benceno Sulfonato Lineal) y detergentes ABS (Alkyl-benceno Sulfonato Ramificados)</p>
<p>Dureza, es ocasionada por la presencia de cualquier catión bivalente, en especial Mg²⁺ y Ca²⁺.</p>	<p>Hierro y manganeso, el contenido de estos dos metales en aguas superficiales se debe al poder del CO₂ sobre los estratos del suelo, disminuyendo los componentes férricos a hierro soluble.</p>
	<p>Nitrógeno total, este factor está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitritos y nitratos. Este tiene el potencial de reducir los niveles de OD del agua.</p>
	<p>Fósforo, los contenidos más frecuentes de este elemento son: orto fosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos, los cuales, son fundamentales en el crecimiento de algas y de otros organismos biológicos.</p>
	<p>DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno, este parámetro es fundamental para la determinación de la carga contaminante generada a causa de los desechos industriales y doméstico de carácter orgánico.</p>

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).

1.2.4. Planes de monitoreo de calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua consiste en un seguimiento sistemático mediante la recolección de muestras y datos de campo en intervalos de tiempo previamente definidos. El objetivo es obtener información que refleje el estado del

recurso natural. El proceso de recolección de muestras se conoce como muestreo y consiste en adquirir una porción representativa de un volumen de agua para su posterior análisis (MAE, 2015).

El análisis de la calidad del agua involucra la evaluación de la naturaleza química, física y biológica del recurso hídrico con relación a su calidad natural, uso previsto y los posibles impactos sobre los seres humanos y los ecosistemas. Para esto, una herramienta útil para delimitar la condición del agua es la adecuada planificación de monitoreos obtenidos como el resultado de una evaluación representativa de las condiciones de calidad, posibilitando delimitar el éxito o fracaso en las medidas de gestión ambiental empleadas en las unidades hidrográficas.

De tal manera, los planes de monitoreo tienen que delimitarse con propósitos específicos y con metodologías de retroalimentación que faciliten la mejora y adaptación de este proceso a futuro. El no establecer metas claras en dichos programas conlleva consecuencias negativas en todo el proceso de la evaluación de la calidad del agua, incluyendo los costes, calidad y credibilidad de la información recopilada (Abarca, 2017).

Cabe destacar que, con frecuencia existe una concepción errónea en cuanto a la determinación de la calidad del agua bajo una mayor cantidad de parámetros evaluados, siendo que si la cantidad de información obtenida no se rige al propósito y metas del monitoreo el plan tendrá como resultado desperdicios de tiempo y de recursos.

1.2.4.1. Tipos de monitoreo de calidad del agua

El seguimiento metódico de la calidad del recurso hídrico, está representado por tres elementos, entre ellos: la coordinación del levantamiento de la información obtenida por las redes de monitoreo delimitadas a nivel del territorio, la gestión y mantenimiento de una base de datos y el fortalecimiento de los potenciales técnicos y tecnológicos de los actores relacionados al levantamiento, análisis e interpretación de los datos (PNUMA, 2017).

De esta forma, una campaña de monitoreo representa la actividad de adquisición periódica de información ambiental de una red de monitoreo, la cual debe registrarse a los sitios de medición del caudal de los cuerpos hídricos. Es así que según la norma NTE INEN 2 226 – 2000, se establecen los siguientes objetivos para el muestreo de calidad del recurso hídrico:

- Mediciones de control de calidad, que se utilizan para tomar decisiones en los procesos de tratamiento del agua.
- Mediciones de caracterización, que se llevan a cabo con fines de investigación, control o para detectar tendencias.
- Mediciones de caracterización que permiten identificar las fuentes de contaminación del agua.

1.2.5. Análisis de ciclo de vida corto ACVC

El análisis de ciclo de vida limitado ACVC (*Limited life-cycle analysis*) es una herramienta que posibilita llevar a cabo una estimación cuantitativa de los impactos ambientales, relativos a varias acciones alternativas que podrían tomarse como soluciones a los problemas ambientales (Vignes, 2001). De esta manera, los ingenieros pueden usar esta herramienta para comparar alternativas de remediación para suelos o agua contaminados, o a su vez, para la evaluación de varias opciones operativas o de equipos que posibiliten la reducción de las emisiones contaminantes.

Esta herramienta se basa en un modelo Europeo desarrollado por Schaltegger y Sturm modificado para su uso en el continente Americano, siendo que el mismo, ha sido empleado con éxito en Europa y en EE. UU (Vignes, 2001). Constituye un instrumento que establece las bases para los cambios en la ley en función de establecer una opción más ecológica y menos costosa.

De esta manera, la implementación de ACVC implica inicialmente calcular un Factor de Contaminación (PF) para cada contaminante, habitualmente en base a los límites de concentración legalmente aceptados. Posteriormente, se expresa el impacto ambiental en Unidades de Impacto Ambiental (EUI), las mismas, que son aditivas y comparables en todos los medios ambientales. Es así que se obtiene un

número para el impacto total, y este refleja las emisiones directas (locales) e indirectas (remotas) resultantes de una alternativa dada (Vignes, 2001).

1.2.5.1. El proceso del ACVC

El proceso de análisis de ciclo de vida es descrito en la Figura 3, en donde el primer paso representa la recolección de todos los criterios de entrada para la evaluación de cada alternativa, entre ellos, el o los objetivos, el alcance, la extensión de los límites, la naturaleza de los supuestos fundamentales, entre otros. El alcance establece las limitaciones y los supuestos, para cada una de las alternativas evaluadas (Vignes, 2001).

Por ejemplo, ¿qué contaminantes se consideran?, ¿se considerará la contaminación asociada con la fabricación de materiales de construcción, el transporte de materiales o la producción de combustibles y otras energías empleadas por las opciones?, ¿se considerará la contaminación resultante de los desechos del proceso?

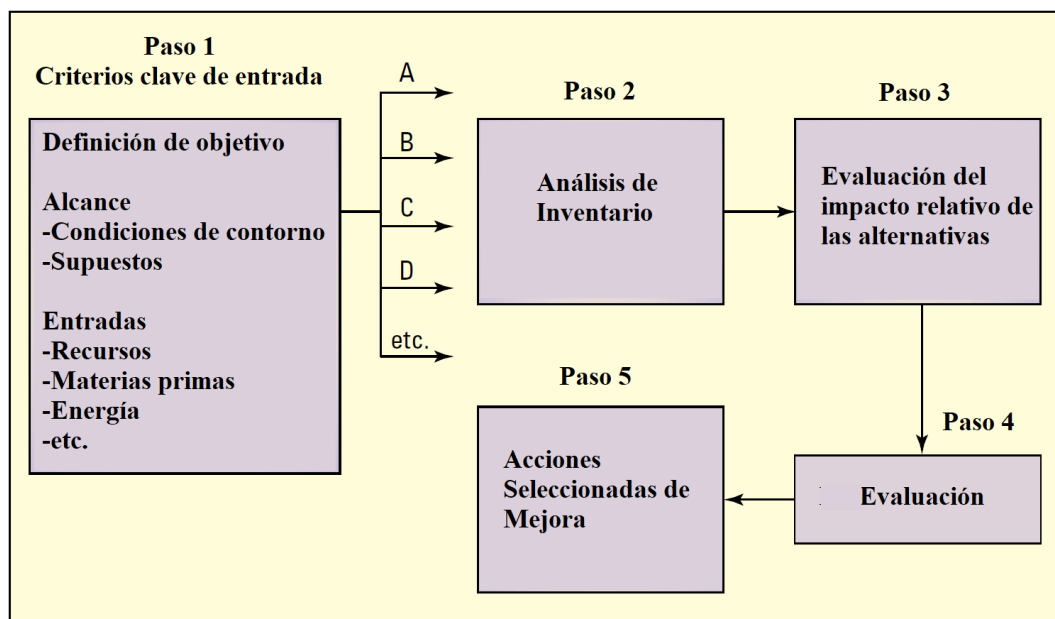


Figura 3. Diagrama de procesos del ACVC

Fuente: Adaptado de Vignes (2001).

En cuanto a los supuestos, podrían también ser incluidos factores como el tiempo de actividad operativa, la ubicación, el tiempo de culminación de los planes de monitoreo, entre otros. El segundo paso, consta del análisis de inventario, el cual recopila los datos de entrada (A, B, C, D, etc.), para todo el ciclo de vida del sistema,

el cual está definido por las condiciones de contorno y los supuestos. Dicho inventario debe contener todos los datos necesarios para el cálculo de la cuna a la tumba para cada alternativa considerada.

El tercer paso consta de la evaluación del Impacto Relativo de las Alternativas, el cual, es el proceso de cuantificación del impacto ambiental en EIU (Unidades de Impacto Ambiental) de cada una de las alternativas en estudio en función de la información proveniente del análisis de inventario. El resultado de la evaluación de impacto es el total de EIU y los subcomponentes individuales del mismo (Garraín, 2009).

Para lo cual, son requeridas tres fases que aportan a la cuantificación del impacto ambiental de cada factor, dichas fases son:

- Selección, en la cual, se delimitan las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos.
- Clasificación, en la cual, se asignan los datos correspondientes al inventario a cada categoría de impacto de acuerdo con el tipo ambiental esperado.
- Caracterización, en la cual, los datos de inventario son modelizados para cada una de dichas categorías de impacto, posibilitando la cuantificación y evaluación de cada factor seleccionado.

De tal manera, las fases expuestas previamente representarán la base para determinar el impacto ambiental relacionado a los factores de estudio, tomando a la suma de potenciales ambientales en calidad de fundamento de cuantificación. Para esto, en el Anexo I del presente trabajo se exponen las tablas de efectos ambientales y factores de caracterización que respaldan los procesos antes descritos.

Cabe destacar que los resultados obtenidos aunque se denominan unidades de impacto ambiental, pueden fundamentarse en impactos ecológicos y/o en la salud humana, dependiendo de su base científico o social sobre la que se establecieron los valores límite para los contaminantes individuales.

El cuarto paso, consta de una evaluación de los EIU para cada alternativa en relación con los demás. Con base en esto y otros criterios de toma de decisiones ambientales, se acuerdan e implementan las acciones seleccionadas para la mejora

(Paso 5). Finalmente, es factible usar los datos finales para calcular varios otros factores que pueden ser importantes en la implementación de un proyecto.

1.2.6. Normativa ecuatoriana vigente

En cuanto a la normativa ecuatoriana relacionada a la calidad del recurso hídrico superficial se puede destacar:

- a) De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador se establece (Asamblea Nacional, 2008):

Artículo 12: “Al agua como patrimonio nacional estratégico de uso público, esencial para la vida”.

Artículo 264: “Competencia de los gobiernos municipales, entre otros aspectos, con relación a la prestación de servicios públicos de agua potable, alcantarillados y depuración de aguas residuales”.

Artículo 411:

“El estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados el ciclo higrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”.

- b) La Ley Orgánica de los Recursos Hídricos delimita (Asamblea Nacional, 2014):

Artículo 4: “Al agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida para garantizar su calidad”.

Artículo 14: “La regulación por parte de Estado a las actividades que puedan afectar la calidad y la calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección”.

Artículo 18, literal c: “La coordinación entre la autoridad ambiental nacional y la autoridad sanitaria nacional para la formación de las políticas sobre calidad del agua y control de la contaminación de las aguas”.

Artículo 26, literal b: “Como deber de la gestión integrada, la regulación de los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservar la validez del recurso vital”.

c) El Código Orgánico Ambiental determina (Asamblea Nacional, 2017):

Artículo 191: “La ejecución del monitoreo de calidad del agua por parte de la Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado responsable, en coordinación con las demás autoridades competentes”. “Promocionar la generación de información por parte de las instituciones competentes, así como la investigación sobre la contaminación a los cuerpos hídricos, que permitan determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción”.

Artículo 208: La obligatoriedad de los operadores en el monitoreo de sus descargas y vertidos, así como el seguimiento por parte de la Autoridad Ambiental Competente respecto a un recurso que pueda verse afectado por la actividad que realiza el operador.

d) El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente establece (Presidencia de la República del Ecuador, 2019):

Artículo 261: “La definición de criterios y normas técnicas de la calidad ambiental y los límites permisibles, deben efectuarse con el sustento técnico y científico en virtud de la realidad geográfica del territorio”.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente capítulo presenta las bases metodológicas empleadas para el cumplimiento de los objetivos propuestos para el presente trabajo de investigación.

2.1. Enfoque de la investigación

El proyecto de investigación presenta un carácter **de enfoque cuantitativo**, basado en el estudio y evaluación de los parámetros físico – químicos del río Illuchi, los cuales, tiene como principal objetivo la priorización de dichos parámetros para el desarrollo de planes de monitoreo de calidad del agua superficial.

Empleando para ello la recolección y análisis de los datos en función de contestar la pregunta de investigación y validar la hipótesis previamente planteada, confiando para esto en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de contaminación en el recurso hídrico.

2.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación empleada según su finalidad es **No experimental Ex post-facto**, en la cual, no se pretende modificar la situación de la cuenca del río, sino su análisis y desarrollo de herramientas para toma de decisiones, en función de las mediciones de las variables producidas con anterioridad.

Por otro lado, el tipo de investigación utilizada en cuanto a la profundidad u objetivo es **Descriptiva**, en la cual, la problemática de la contaminación del río Illuchi es un factor conocido y se pretende describirlo mediante la implementación de herramientas como la observación, estudios correccionales, de desarrollo, entre otros.

2.3. Localización y periodo de estudio de la investigación

Para el presente trabajo de investigación se delimitó como área de estudio la cuenca del río Illuchi, esto debido fundamentalmente a la importancia del mismo en cuanto a sus servicios ecosistémicos, entre los cuales se destaca el abastecimiento en el consumo humano, doméstico y su respectivo aporte en las actividades productivas de la zona.

A continuación en la Tabla 5, se presenta la información geográfica de la zona de estudio de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Belisario Quevedo.

Tabla 5. Información geográfica del río Illuchi

Factores	Información
Latitud	-0.96666667
Longitud	-78.6
UFI	-929376
UNI	-1374742
UTM	QU69
JOG	SA17-04

Fuente: Plan de Ordenamiento territorial de Belisario Quevedo.

El río Illuchi subcuenca del río Cutuchi (cuenca y demarcación de Pastaza) es una corriente perteneciente a la provincia de Cotopaxi – Ecuador, localizado a una altitud de 2,826 metros sobre el nivel del mar. Este se encuentra en su estado natural no intervenido y presenta un clima promedio entre los 8 y los 11°C.

La cabecera del río Illuchi se encuentra fuera del territorio parroquial, encontrándose en la cabecera de la Unidad Hidrográfica un complejo de lagunas, entre las cuales se encuentran: Salayambo, Yanacocha, Dragones, Retamale y Pishcacocha, destacando que la disponibilidad de agua de la parroquia depende directamente de la calidad y conservación de los páramos y lagunas conformantes.

A continuación en la Tabla 6 y 7, se presentan los datos meteorológicos e hidrológicos respectivamente correspondientes a la zona de estudio.

Tabla 6. Datos meteorológicos de la zona de estudio

Factores	Información
Clima	Zona tropical Ecuatoriana
Viento	Dirección predominante S-SE; Velocidad 3,8 km/h
Temperatura	Min: 7,4 °C; Max: 14,8°C

Fuente: Plan de Ordenamiento territorial de Belisario Quevedo.

Tabla 7. Datos hidrológicos de la zona de estudio

Factores	Información
Caudal medio	5,2 m ³ /s
Rendimiento	12,7 l/s/km ³
Crecida anual a 10 años	100m ³ /s
Crecida a 20 años	350m ³
Aguas subterráneas	1.800Hm ³ (Acuífero estimado)
Caudal estimado	3m ³ /s

Fuente: Plan de Ordenamiento territorial de Belisario Quevedo.

De esta manera, el presente trabajo de investigación lleva a cabo el análisis de la información recopilada por GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal) del Cantón Latacunga, la DIMAPAL (Dirección Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) y la planta de tratamiento de agua potable “Loma de Alcoceres”, considerando para esto un lapso de 10 años de información en el periodo 2012 – 2021, realizando un especial énfasis en el año 2021 del cual se cuenta con mayor información.

Cabe destacar que la información en cuanto a los estudios de parámetros físico – químicos fueron realizados en un total de 50 localizaciones diferentes, empleando para ello análisis mínimo de dos direcciones a la vez.

2.4. Diseño experimental

El desarrollo correspondiente a la metodología del presente proyecto de investigación fue dividido en un total de 3 etapas y 7 actividades (como se planteó previamente en la introducción del presente documento). Dichas etapas son descritas a continuación:

Etapa I. Diagnóstico situacional

La etapa inicial corresponde al levantamiento y análisis de la información en referencia a los datos provenientes de las mediciones de parámetros físico – químicos realizadas en función de determinar la calidad del agua superficial de la cuenca del río Illuchi. Cabe destacar, que esta etapa tiene como objetivo dar respuesta al primer objetivo específico del presente proyecto de investigación, para lo cual, se han planteado las siguientes actividades:

- a) **Delimitación de la zona de estudio**, esta actividad corresponde a la recopilación de la información relacionada a: los datos, monitoreos no certificados, o mediciones realizadas por instituciones afines a los parámetros de calidad del agua superficial de la microcuenca del río Illuchi, para lo cual, se solicitará dicha información en base en el artículo 81 de la Constitución Política de la República del Ecuador, “LEY ORGÁNICA DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA” (ANEXO II).

Esto con el objetivo de delimitar las zonas de muestreo y posteriormente analizar la información correspondiente a los parámetros físico – químicos en calidad de indicadores del estado del recurso hídrico para su respectivo diagnóstico.

- b) **Recopilación y organización de la información**, las instituciones que aportaron con la información referente a la calidad del recurso hídrico para el desarrollo del presente proyecto de investigación fueron: el GAD del cantón Latacunga, la DIMAPAL y la planta de tratamiento de agua potable “Loma de Acoceres”, las cuales, trabajan en conjunto para la delimitación de los parámetros físico – químicos presentados en la Tabla 9, en función de evaluar constantemente el estado del recurso hídrico de la zona (Ejemplificación de análisis en el ANEXO III).

Tabla 8. Parámetros físico – químicos evaluados

Parámetro	Límite máximo permitido
Color	15 Upt.co (Unidades de Platino - Cobalto)
Turbiedad	5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
pH	No establecido
Conductividad	No establecido
Alcalinidad	No establecido
Dureza	No establecido
Calcio	No establecido
Sulfatos	No establecido
Nitratos	50 mg/L
Nitritos	3,0 mg/L
Mg.	No establecido
Carbonatos	No establecido
Bicarbonatos	No establecido
Dureza Carbonatada	No establecido
Dureza no Carbonatada	No establecido
Sólidos disueltos totales	No establecido
Fosfatos (Ortofosfato)	No establecido
Hierro	No establecido
Cromo Total	0,05 mg/L
Manganeso	No establecido
Níquel	0,07 mg/L
Cobalto	No establecido

Nota: Los límites máximos establecidos por el GAD Latacunga, han sido delimitados en base a la norma INEN 1108, la cual delimita los requisitos que debe cumplir el agua potable para el consumo humano. Cabe destacar que para la selección de parámetros físico – químicos de la presente tabla se han descartado a los parámetros medidos de forma sorteada y sin constancia alguna.

Fuente: GAD Latacunga.

Dicha información fue recopilada en el periodo comprendido entre los años 2012 y 2021, permitiendo el análisis independiente de la evolución de los parámetros físico – químicos del recurso hídrico en función del tiempo, para lo cual, se organizaron los datos por columnas bajo los siguientes campos: nombre del parámetro, fecha de la toma de muestra, código y concentración de cada parámetro. Por medio de lo cual, se pretendió la priorización de los factores críticos de contaminación de la microcuenca del río Illuchi y el posterior desarrollo de herramientas ambientales para la toma de decisiones.

Posteriormente, se procedió con un análisis de distribución estadística de los parámetros físicos – químicos de calidad del agua, empleando para esto el software estadístico Past 3. Una vez estandarizada y depurada la información, se procedió a calcular las cargas contaminantes de los parámetros en cuestión, con el objetivo de obtener las unidades de carga expresadas en kg/mes.

En esta actividad, también se realizó la recopilación de normativas nacionales e internacionales sobre la calidad del agua con el fin de aplicar la metodología del Análisis de Ciclo de Vida Corto en un momento posterior.

Etapas II. Estudio Técnico

Esta etapa constó en delimitar aquellos factores fundamentales para el desarrollo de la propuesta, esto por medio de la implementación de metodologías y herramientas ambientales. Cabe destacar, que esta etapa tiene como objetivo dar respuesta al segundo objetivo específico del presente proyecto, para lo cual, se han planteado las siguientes actividades:

- a) **Implementación del análisis de ciclo de vida corto**, para la aplicación de las técnicas de priorización de los parámetros de estudio se llevó a cabo la siguiente secuencia de pasos:
 - Selección de los criterios de calidad del agua aplicables para el estudio.
 - Aplicación de criterios de calidad en normativas internacionales.
 - Elaboración de listado consolidado con los parámetros monitoreados.

- Homologación de unidades de concentraciones.
 - Selección de concentraciones más restrictivas para cada parámetro.
 - Cálculo del impacto ambiental relativo.
 - Identificación de parámetros críticos.
 - Evaluación de los parámetros identificados en función de los planes de monitoreo vigentes.
 - Priorización de parámetros físico – químicos.
- b) **Determinación de parámetros prioritarios**, Los parámetros a priorizar en los planes de monitoreo de la calidad del agua en la microcuenca del río Illuchi se determinaron a partir de los resultados obtenidos en las evaluaciones siguientes:
- El comportamiento de la calidad del agua evaluado por el criterio de rutas.
 - La priorización de parámetros mediante el Análisis de Ciclo de Vida Corto.

Etapas III. Diseño y evaluación de la propuesta

La presente etapa consta en el diseño de una metodología de selección de parámetros para el desarrollo de planes de monitoreo ambiental eficientes, esto bajo la previa identificación de los factores físico – químicos claves para obtener un diagnóstico óptimo en cuanto a la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Illuchi. Cabe destacar, que esta etapa tiene como objetivo dar respuesta al tercer objetivo específico del presente proyecto, para lo cual, se han planteado las siguientes actividades:

- a) **Formulación de una metodología procedimental**, para el cumplimiento de esta actividad el presente estudio ha considerado los siguientes factores:
- Metodología de determinación de UH.
 - Cantidad de datos disponibles.
 - Costos de análisis de los parámetros monitoreados.
 - Parámetros priorizado por medio del ACVC.

Diseñando bajo estas consideraciones un plan de monitoreo ambiental del recurso hídrico específico eficiente.

2.5. Alcance investigativo

El presente proyecto tiene como alcance la recopilación y análisis de variables físico – químicas en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2012 y 2021, por medio de lo cual, se realiza la identificación de variables críticas en relación a la contaminación y por lo tanto a la calidad del recurso hídrico. Dichas variables posibilitaron el desarrollo de una metodología teórica para el diseño de planes de monitoreo ambiental. Finalmente presentando una serie de pasos lógicos que pretenden aportar tanto en el diagnóstico, como en la optimización de costes de análisis a nivel ambiental.

2.6. Herramientas digitales para el procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información recopilada, se empleó el software “Microsoft Word” en calidad de procesador de texto; para la tabulación de datos se utilizó el software “Microsoft Excel”; para el análisis estadístico de la información y la generación de gráficas se empleó el software “Past3” y finalmente, para la presentación de los resultados se hizo uso del aplicativo de “Microsoft PowerPoint”.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Secciones del río Illuchi

La información de análisis contenida en el presente trabajo de investigación, pertenece al área de estudio correspondiente hidrológicamente al código 4996976 en el nivel 7, de acuerdo con la división de Pfafstetter, unidad hidrográfica del río Illuchi (SENAGUA, 2020).

3.2. Recopilación y organización de la información

Una vez delimitada el área de estudio del presente trabajo de investigación, se procedió a identificar los principales puntos de muestreo considerados por el GAD Latacunga, los mismos, que se exponen a continuación en la Tabla 10.

Tabla 9. Puntos de muestreo río Illuchi GAD Latacunga

No	Procedencia	Dirección	Geolocalización	Tipo de Cuenca
1	Planta de tratamiento Illuchi	Tanque de llegada	-0.9351994138281688, - 78.54730918124173	ALTA
2	Ashpacruz	Luigi Ripalda y San Pablo	-0.9636919548804065, - 78.60026276528266	BAJA
3	Barrio "Isimbo"	NA	-0.9182622716148577, - 78.60307454606456	BAJA
4	Barrio "Isimbo"	Cañaris y Malacatos	-0.9182622716148577, - 78.60307454606456	BAJA
5	Barrio "La Cocha"	Tahuantisuyo y Uruguay	-0.9244903615571864, - 78.61465512553778	BAJA
6	Barrio "La Cocha"	Luis de Anda y Puruhaes	-0.9244903615571864, - 78.61465512553778	BAJA
7	Barrio "La Cocha"	Hotel la Cocha	-0.9244903615571864, - 78.61465512553778	BAJA
8	Barrio "Locoa"	Unidad Educativa CEC	-0.9292906167877154, - 78.60204766140633	BAJA
9	Barrio "Locoa"	Urbanización "Campo Alegre"	-0.9292906167877154, - 78.60204766140633	BAJA
10	Barrio "San Felipe"	Universidad Técnica de Cotopaxi	-0.9174157284602765, - 78.6327285414753	BAJA
11	Barrio "San Felipe"	Parque	-0.9174157284602765, - 78.6327285414753	BAJA

12	Barrio "San Felipe"	10 de agosto y 5 de junio	-0.9174157284602765, - 78.6327285414753	BAJA
13	Barrio "San Francisco"	Sector Bethlemitas	-0.9526807169798887, - 78.60283357674817	BAJA
14	Barrio "San Martín - La Alsacia"	Subida a loma de Alcoceres	-0.9339952849115322, - 78.614355281372	BAJA
15	Barrio "Tapalán"	Putzalahua	-0.9456857339417739, - 78.60156213061747	BAJA
16	Barrio "Tiobamba"	Sector Cementerio	-0.9340381987932352, - 78.6146985905801	BAJA
17	Cdla. "Estrella de la Mañana"	Vía Bellavista	-0.9100962762187367, - 78.6208824341411	BAJA
18	Cdla. "Patria"	Madres Oblatas	-0.9662222444038477, - 78.61232970373543	BAJA
19	Cdla. "Patria"	Registro Civil	-0.9662222444038477, - 78.61232970373543	BAJA
20	Cdla. "Patria"	Hnas. Del Buen Pastor y Maristas	-0.9662222444038477, - 78.61232970373543	BAJA
21	Cdla. "Patria"	Registro Civil	-0.9662222444038477, - 78.61232970373543	BAJA
22	Cdla. Bethlemitas	San Pablo y los Antares	-0.9554209529384924, - 78.60427084791272	BAJA
23	Cdla. Bethlemitas	Las Orquídeas	-0.9554209529384924, - 78.60427084791272	BAJA
24	Cdla. Bethlemitas	Registro Civil	-0.9554209529384924, - 78.60427084791272	BAJA
25	Cdla. Nueva Vida	Miguel Iturralde	-0.9121586891741814, - 78.6235830037355	BAJA
26	Pucayacu Chico	Com. Galapago, Chugchilán	-0.9323756762016193, - 78.6138396555157	BAJA
27	Urbanización "Terrazas del Niágara I"	NA	-0.9645903301317653, - 78.61496395114419	BAJA
28	P. Belisario Quevedo	Acometida domiciliaria	-0.9486647492793228, - 78.573898337404	MEDIA

Nota: La información correspondiente a la procedencia y dirección de los puntos de muestreo fue recopilada directamente de los informes de análisis físico – químicos presentados por el GAD Latacunga para el periodo 2012 -2021.

Fuente: GAD Latacunga.

De tal manera, se han delimitado los puntos de monitoreo correspondientes ya sea a al tramo principal del río Illuchi o a las aguas superficiales aportantes al

mismo. Cabe destacar que dichos puntos en su mayoría se encuentran ubicados en las zonas bajas del cuerpo hídrico, en las cuales, se evidencia actividades antrópicas con el potencial contaminante del recurso hídrico.

3.3. Comportamiento espacio – temporal

En el proceso de recopilación, exploración y preparación de la información referente a los parámetros de calidad del agua del río Illuchi fueron encontradas varias dificultades, entre las cuales se destacan: cantidades heterogéneas de monitoreos para los tipos de cuencas de río, análisis con ausencia de estacionalidad, falta de delimitación técnica de zonas y carencia de codificación de las mismas. Razón por la cual, se determinó la necesidad de clasificación y depuración de la información, como se presenta en los siguientes enunciados:

3.3.1. Procesamiento inicial de la información

En primera instancia, la información proporcionada por el GAD del cantón Latacunga, la DIMAPAL y la planta de tratamiento de agua potable “Loma de Acoceres” fue distribuida en un total de 55 fichas de análisis físico – químico y 78 caracterizaciones en cuanto a los parámetros presentados en la Tabla 9 del presente trabajo. La distribución de análisis se presenta a continuación en la Tabla 11:

Tabla 10. Distribución cuantitativa de análisis de calidad

Año	Fichas de análisis	Números de análisis	Datos esperados	Tipo de Análisis
2012	1	2	44	No periódico
2013	3	4	88	No periódico
2014	9	14	308	No periódico
2015	5	8	176	No periódico
2016	0	0	0	Sin Análisis
2017	6	8	176	No periódico
2018	4	7	154	No periódico
2019	0	0	0	Sin Análisis
2020	0	0	0	Sin Análisis
2021	27	35	770	No periódico

Nota: El número de fichas de análisis hace referencia al número de fichas de reporte físico químicos recolectadas, como la que se expone en el ANEXO III del presente trabajo. El número de análisis representa el número de análisis de laboratorio reportados en el grupo de fichas antes mencionado. Por otro lado, la ausencia de periodicidad de los análisis hace referencia a la falta de mediciones secuenciales (mensuales, trimestrales o anuales) evidenciadas en la información recopilada.

Fuente: GAD Latacunga.

Como se puede evidenciar en la Tabla 11, el año con mayor presencia de monitoreos en cuanto a parámetros físico químicos es el año 2021 con un total de 27 fichas de análisis y 35 caracterizaciones, distribuidas en: 7,41% para el mes de febrero, 29,63% para mayo, 22,22% para junio, 14,81% para julio, 18,52% para agosto, 3,70% para septiembre y 3,70% para noviembre. Cabe destacar que dicho año representó un análisis actual de los parámetros espacio – temporales de calidad del río Illuchi.

De esta manera, fueron recopilados un total de 1716 datos correspondientes a los 22 parámetros físico – químicos evaluados por las instituciones antes mencionadas. De los cuales, previamente se descartó la información relacionada a

los puntos del: sedimentador, filtros, distribución y salidas pertenecientes a la planta de tratamiento de agua de Illuchi.

Adicionalmente, a esta información se suman los datos relacionados a los límites máximos permitidos delimitados por las normativas nacionales e internacionales (como se expone más adelante).

Por otro lado, en la Tabla 11 es factible evidenciar la ausencia de datos en los años 2016, 2019 y 2020, además de la falta de periodicidad en los monitoreos. Para lo cual, en la Tabla 12 se expone la disponibilidad de datos recopilados.

Tabla 11. Disponibilidad de los datos de monitoreo

Año	Meses de Análisis
2012	Diciembre
2013	Mayo y Octubre
2014	Febrero, Abril, Julio y Diciembre
2015	Abril y Septiembre
2016	Sin Análisis
2017	Julio, Octubre y Noviembre
2018	Marzo y Agosto
2019	Sin Análisis
2020	Sin Análisis
2021	Febrero, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Noviembre

Fuente: GAD Latacunga.

Es así que nuevamente es posible afirmar la falta de monitoreos periódicos en cuanto a la información recopilada, representando grandes faltantes de información acerca de los parámetros de calidad del río Illuchi, lo cual, al tratarse de variables que habitualmente no se ven representadas por un comportamiento lineal, no se puede asumir información por medio de las metodologías de relleno habituales.

Sin embargo, aún es factible la delimitación de los parámetros críticos de calidad y por lo tanto, el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo de investigación; como se demostrará en los siguientes apartados.

3.3.2. Medidas de dispersión en los datos de monitoreo

A continuación, se exponen los primeros hallazgos en cuanto al tratamiento estadístico espacio-temporal de cada uno de los parámetros físico – químicos estudiados en el presente trabajo de investigación:

- Color, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Color de 12,38 Upt.co, una mediana de 9 Upt.co y una moda de 9 Upt.co, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 12,26.
- Turbiedad, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Turbiedad de 1,87 NTU, una mediana de 1,52 NTU y una moda de 0,60 NTU, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 1,47.
- pH, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de pH de 6,82, una mediana de 6,71 y una moda de 6,5, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,52.
- Conductividad, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Conductividad de 102,56 mhs/cm, una mediana de 81,80 mhs/cm y una moda de 69 mhs/cm, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 104,45.
- Alcalinidad, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Alcalinidad de 40,48 mg/L, una mediana de 30 mg/L y una moda de 22 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 46,93.
- Dureza, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Dureza de 35,82 mg/L, una mediana de 30 mg/L y una moda

de 28 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 31,35.

- Calcio, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Calcio de 6,45 mg/L, una mediana de 5,6 mg/L y una moda de 4,8 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 3,15.
- Sulfatos, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Sulfatos de 6,89 mg/L, una mediana de 6 mg/L y una moda de 0 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 7,62.
- Nitratos, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Nitratos de 0,69 mg/L, una mediana de 0,5 mg/L y una moda de 0,1 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,67.
- Nitritos, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Nitritos de 0,0352 mg/L, una mediana de 0,003 mg/L y una moda de 0,004 mg/L, presentando una distribución ligeramente asimétrica con cola a la izquierda. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,2767.
- Magnesio, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Magnesio de 5,13 mg/L, una mediana de 3,9 mg/L y una moda de 3,9 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 6,06.
- Carbonatos, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Carbonatos de 0 mg/L, una mediana de 0 mg/L y una moda de 0 mg/L. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0.

- Bicarbonatos, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Bicarbonatos de 47,34 mg/L, una mediana de 30 mg/L y una moda de 28 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 62,29.
- Dureza Carbonatada, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Dureza Carbonatada de 38.07 mg/L, una mediana de 28 mg/L y una moda de 28 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 41,73.
- Dureza no carbonatada, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Dureza Carbonatada de 3,14 mg/L, una mediana de 0 mg/L y una moda de 0 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 5,14.
- Sólidos disueltos totales, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Sólidos disueltos totales de 65,06 mg/L, una mediana de 40,6 mg/L y una moda de 50 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 74,58.
- Fosfatos (Orto fosfatados), de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Fosfatos de 0,49 mg/L, una mediana de 0,07 mg/L y una moda de 0,06 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 13,75.
- Hierro, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Hierro de 0,28 mg/L, una mediana de 0,2 mg/L y una moda de 0,2 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,26.
- Manganeso, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Manganeso de 0,57 mg/L, una mediana de 0,5 mg/L y una

moda de 0,2 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,45.

- Cromo Total, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Cromo de 0,0078 mg/L, una mediana de 0,01 mg/L y una moda de 0,01 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,0058.
- Níquel, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Níquel de 0,0046 mg/L, una mediana de 0,004 mg/L y una moda de 0,006 mg/L, presentando una distribución ligeramente asimétrica con cola a la izquierda. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,0033.
- Cobalto, de acuerdo con la información recopilada se presenta un valor promedio de Cobalto de 0,0011 mg/L, una mediana de 0,007 mg/L y una moda de 0,001 mg/L, presentando una distribución asimétrica con cola a la derecha. Por otro lado, la desviación con respecto al valor promedio obtenido es de aproximadamente 0,020.

3.4. Determinación de límites máximos permitidos

En función de identificar los parámetros físico – químicos clave para el diagnóstico de la calidad del agua del río Illuchi, es fundamental determinar los límites estándares de cada uno de los factores de análisis del presente trabajo de investigación. Para lo cual fueron considerados dos estándares, el primero basado en la Norma INEN 1108 (Actualmente empleado por el GAD Latacunga) y el segundo, lo establecido por el ANEXO 1 del Libro VI del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) según el Acuerdo Ministerial 097-A, denominado “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua”.

En cuanto a la Norma INEN 1108 denominada “Agua Potable - Requisitos”, los límites máximos permitidos para los parámetros físico – químicos seleccionados se presentan a continuación en la Tabla 13.

Tabla 12. Límites máximos permitidos según la Norma INEN 1108

Parámetro Físico - Químico	Unidad de Medida	Límite Máximo
Color	Upt.co	15 Upt.co
Turbiedad	NTU	5 NTU
Ph	Sin Unidades	No establecido
Conductividad	mhs/ cm	No establecido
Alcalinidad	mg/L	No establecido
Dureza	mg/L	No establecido
Calcio	mg/L	No establecido
Sulfatos	mg/L	No establecido
Nitratos	mg/L	50 mg/L
Nitritos	mg/L	3,0 mg/L
Magnesio	mg/L	No establecido
Carbonatos	mg/L	No establecido
Bicarbonatos	mg/L	No establecido
Dureza Carbonatada	mg/L	No establecido
Dureza no Carbonatada	mg/L	No establecido
Sólidos disueltos totales	mg/L	No establecido
Fosfatos (Ortofosfato)	mg/L	No establecido
Hierro	mg/L	No establecido
Manganeso	mg/L	No establecido
Cromo Total	mg/L	0,05 mg/L
Níquel	mg/L	0,07 mg/L
Cobalto	mg/L	No establecido

Fuente: (INEN, 2015).

Como se evidencia en la Tabla 12, apenas en 6 de los 22 parámetros físico – químicos se ha establecido el límite máximo de medida, lo que imposibilita determinar si existe problemática alguna en los 16 parámetros restantes, haciendo el programa de monitoreo actual del río Illuchi poco eficiente y con costos no justificados.

Para esto, es fundamental lo planteado en cuanto a la calidad el recurso hídrico por el Acuerdo Ministerial 097-A, para lo cual, se menciona que “El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se base en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad ” (Ministerio del Ambiente, 2015, pg. 11).

Es decir, las normas de criterio de calidad están planteadas dependiendo del uso deseado para la misma.

Sin embargo, en función de estandarizar el uso de los límites máximos permitidos con los establecidos por la norma INEN 1108, el uso seleccionado para el presente proyecto de investigación fue el de “Consumo humano y uso doméstico”, delimitando los límites máximos permitidos como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Límites máximos permitidos según el Acuerdo Ministerial 097-A

Parámetro Físico - Químico	Unidad de Medida	Límite Máximo
Aceites y Grasas	mg/L	0,3
Arsénico	mg/L	0,3
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1000
Bario	mg/L	1
Cadmio	mg/L	0,02
Cianuro	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	2
Color	Upt.co	75
Cromo hexavalente	mg/L	0,05
Fluoruro	mg/L	1,5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	<2
Hierro	mg/L	1,0
Mercurio	mg/L	0,006
Nitratos	mg/L	50,0
Nitritos	mg/L	0,2
pH	Sin Unidades	6-9
Plomo	mg/L	0,01
Selenio	mg/L	0,01
Sulfatos	mg/L	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,2
Turbiedad	NTU	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicadores de esta Tabla

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015, pg. 13).

De tal manera, con el estándar presentado por el Acuerdo Ministerial 097-A fue factible la determinación de los límites máximos de los siguientes parámetros:

Hierro, pH y Sulfatos, contando finalmente con un total de 9 parámetros estandarizados, los cuales, serán objeto de estudio para el diseño y optimización de un plan de monitoreo para el agua superficial del río Illuchi (como se presenta más adelante en el presente trabajo).

3.5. Potenciales de Concentración vs Límites máximos

En el presente apartado se presentan los resultados del análisis del criterio de rutas en función del tiempo para los puntos de monitoreo previamente identificados, dicho análisis será realizado en dos fases, la primera un estudio en el periodo de tiempo comprendido entre 2012 hasta el 2021 y posteriormente un estudio más a detalle del año 2021, esto debido al tipo y cantidad de información disponible.

De tal manera, a continuación se presentan las figuras relacionadas al análisis de potencial de las medidas de los parámetros físico – químicos seleccionados en calidad de indicadores de calidad del río Illuchi (Color, Turbiedad, pH, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Hierro, Níquel, Cromo Total):

El color es uno de los parámetros organolépticos que representa la calidad del agua para consumo humano, este factor está relacionado con las sustancias disueltas y las partículas en suspensión contenidas. La medición del color es fundamental en cuanto a la determinación del nivel de materia orgánica natural, ya que su presencia representa un riesgo en la generación de subproductos nocivos (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 4 es factible delimitar una tendencia de disminución de las mediciones de color en Unidades de Platino – Cobalto para el periodo 2012 - 2021 y en la Figura 5 dichas mediciones se mantienen en el año 2021.

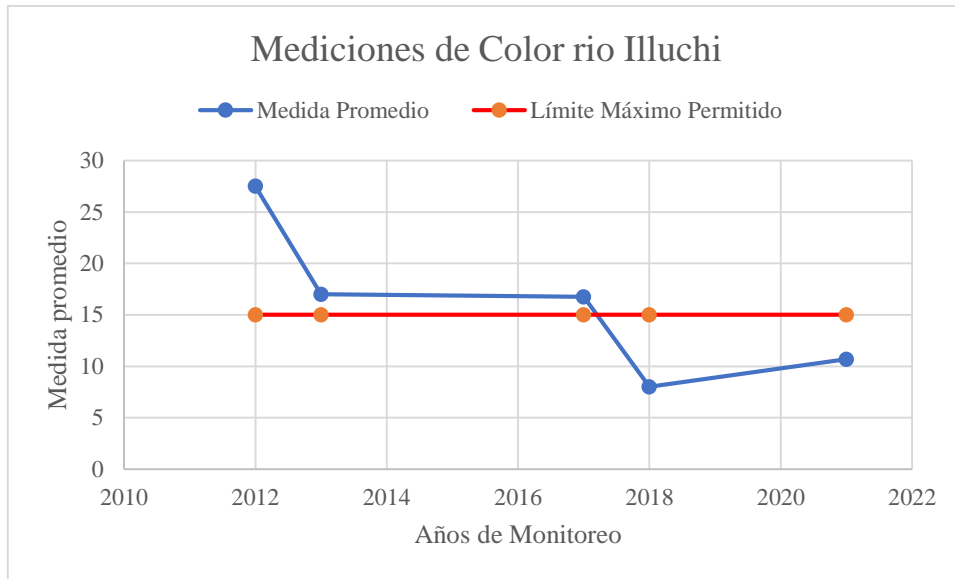


Figura 4. Mediciones de Color rio Illuchi vs Años de monitoreo

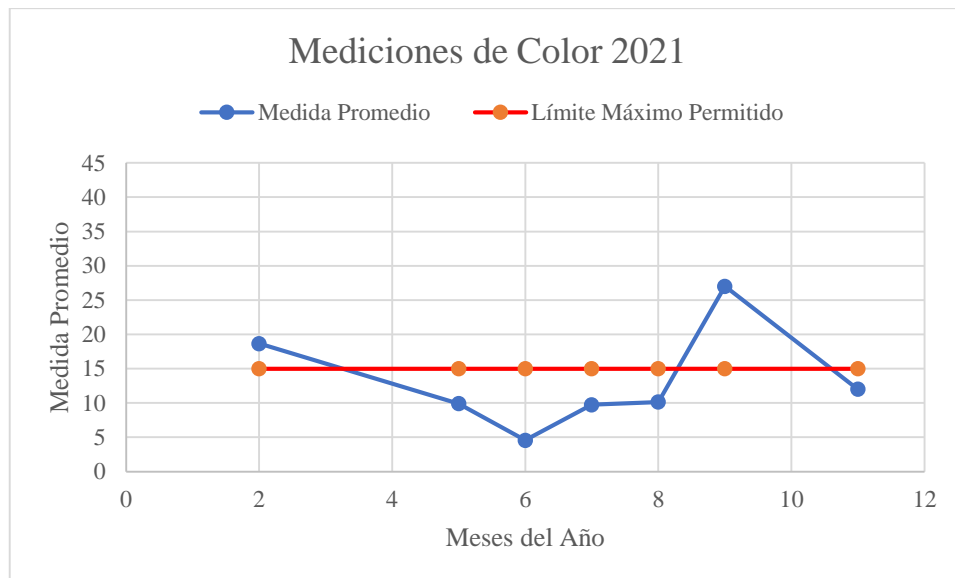


Figura 5. Mediciones de Color vs 2021

La Turbidez del agua es uno de los parámetros clave en cuanto a la calidad del agua potable. Un agua turbia no solamente presenta un impacto visual para el consumidos, sino también es un claro indicador de una potencial contaminación, ya sea microbiológica o por compuestos tóxicos (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 6 es factible delimitar una ligera tendencia positiva para el periodo 2012 - 2021, la misma que es más notoria en la Figura 7 y representa el incremento del índice de Turbidez en el agua del río Illuchi a través del tiempo.

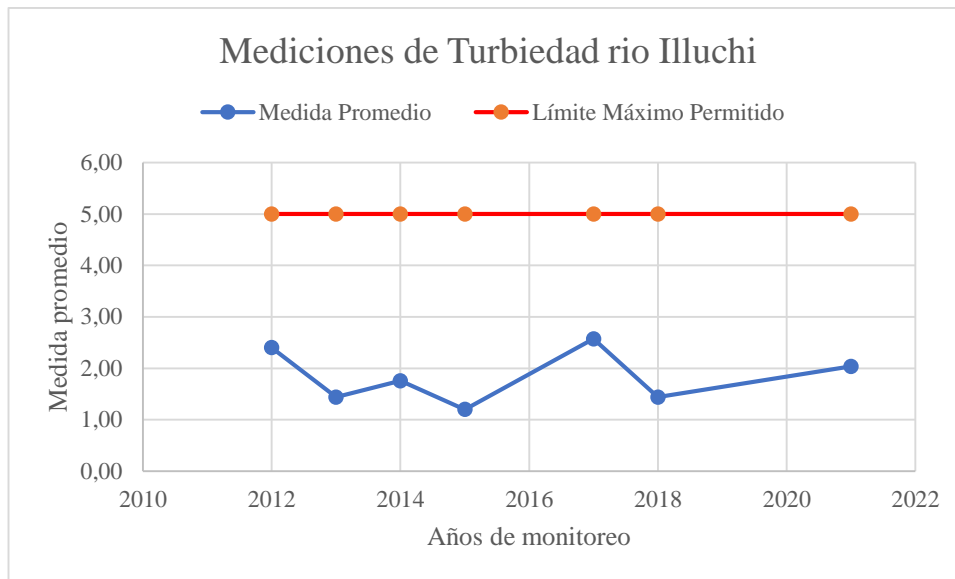


Figura 6. Mediciones de Turbiedad río Illuchi vs Años de monitoreo

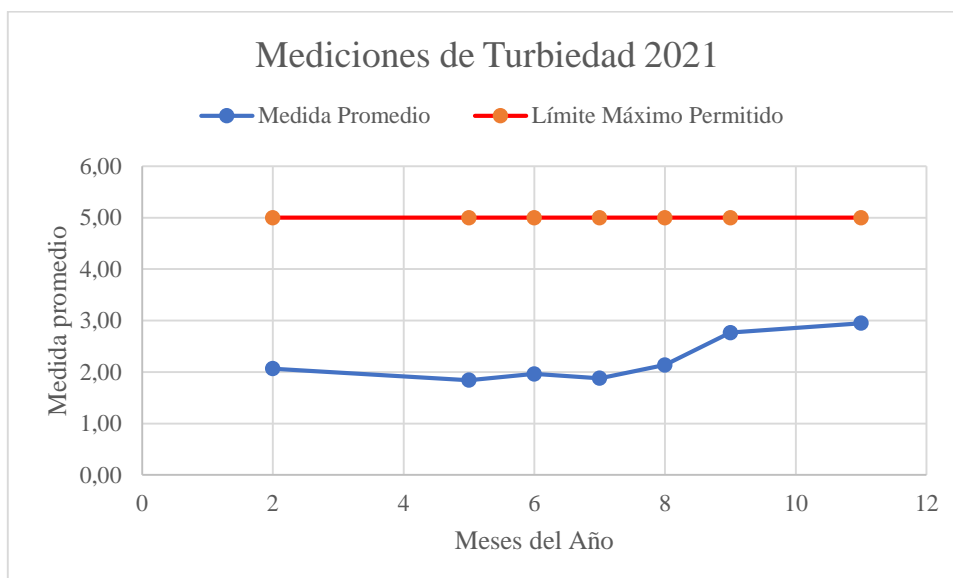


Figura 7. Mediciones de Turbiedad vs 2021

El pH del agua delimita la solubilidad y la biodisponibilidad de sustancias químicas como nutrientes de: fósforos, nitrógeno y carbono y a la vez, metales pesados como: plomo, cobre, cadmio, etc. (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 8 es factible delimitar una ligera tendencia negativa en cuanto a las mediciones de pH para el periodo 2012 - 2021, lo cual, se evidencia de igual manera en la Figura 9 para el 2021.

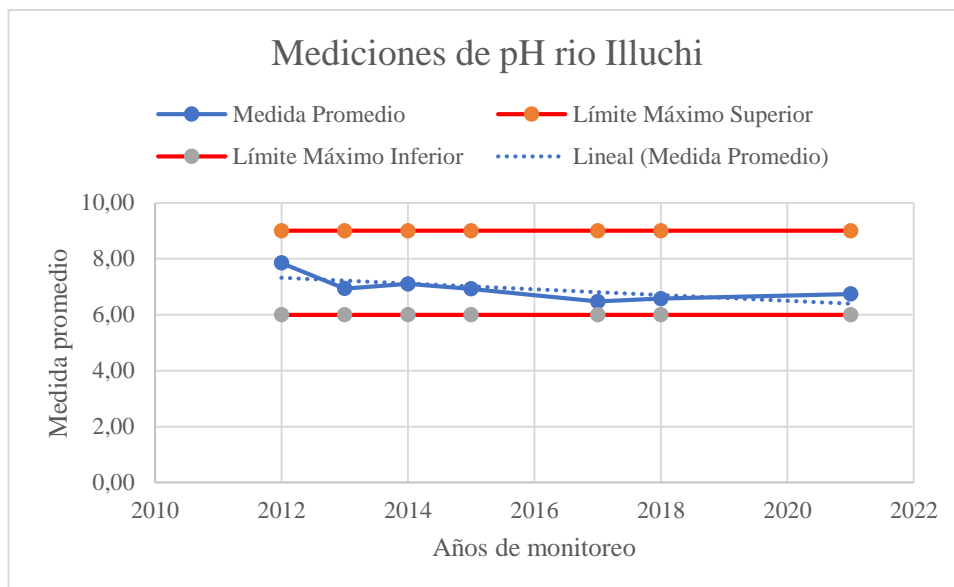


Figura 8. Mediciones de pH rio Illuchi vs Años de monitoreo

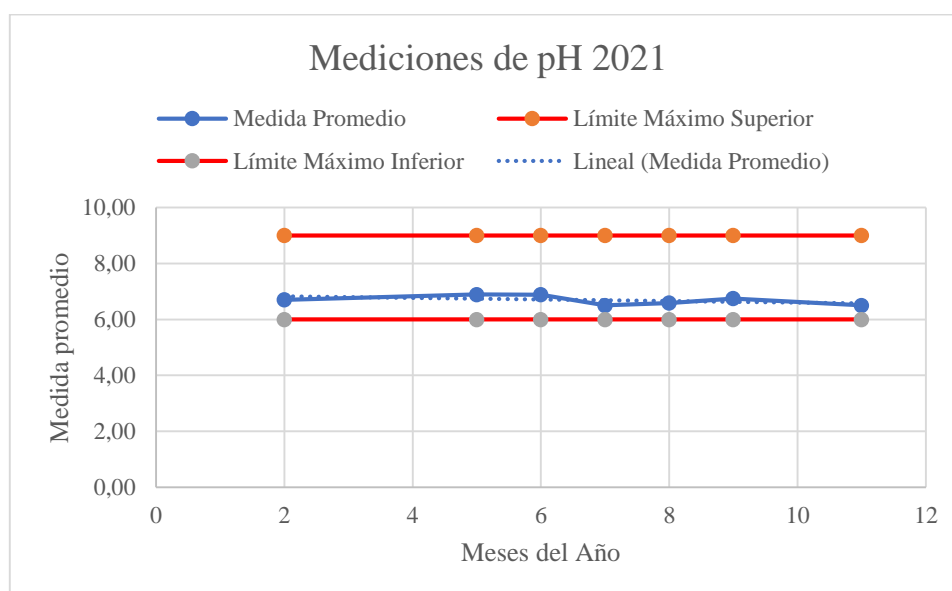


Figura 9. Mediciones de pH vs 2021

La presencia del ion sulfato en el agua potable ocasiona un sabor apreciable, afectando a las características organolépticas de la misma, además niveles excesivos en el orden de los miles de miligramos, tienen el potencial de ocasionar daños a la salud de los consumidores (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 10 es factible delimitar una tendencia de crecimiento de la

concentración de Sulfatos en mg/L para el periodo 2012 - 2021, sin embargo en la Figura 11 se puede evidenciar el fenómeno opuesto para el año 2021.

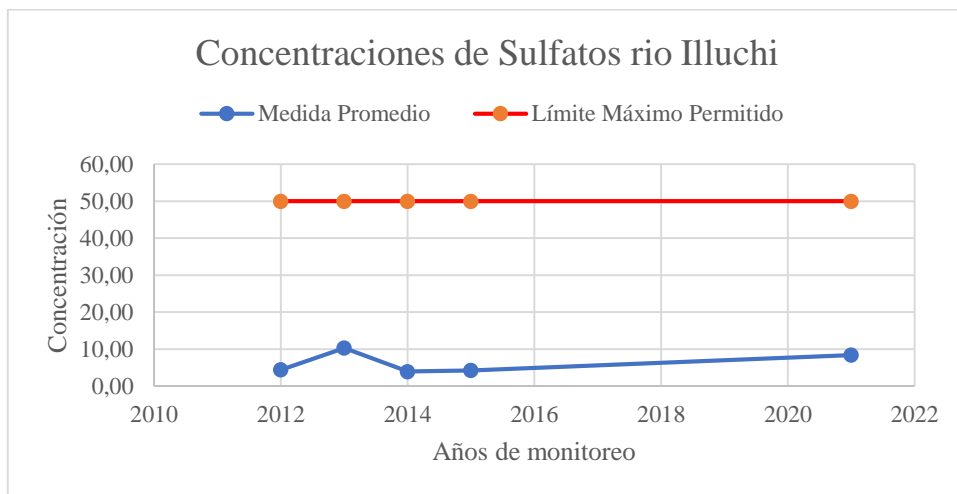


Figura 10. Concentraciones de Sulfatos vs Años de monitoreo

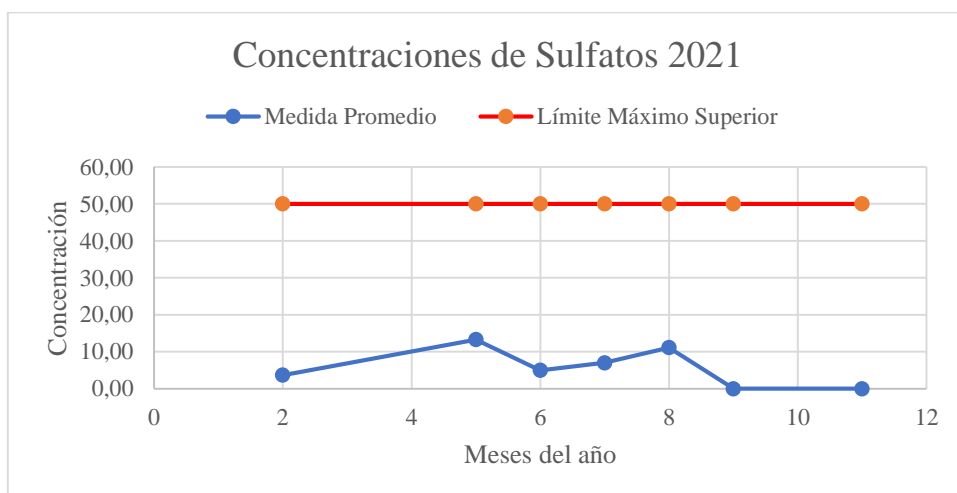


Figura 11. Concentraciones de Sulfatos vs 2021

El incremento de la concentración de sulfatos puede estar derivado de la aplicación de productos relacionados a la industria química, entre los cuales se destacan: fertilizantes, pesticidas, colorantes, jabón, papel, vidrio, fármacos, entre otros, y por lo tanto, su potencial vertido en las fuentes del recurso natural.

Los nitratos son productos químicos localizados en la mayoría de fertilizantes, estiércol y residuos líquidos liberados en los tanques sépticos. Adicionalmente las bacterias del suelo tienen la capacidad de convertir del nitrógeno al nitrato, siendo que el mismo puede ocasionar enfermedades agudas, es decir, que una sola

exposición de este compuesto tiene el potencial de afectar a la salud del consumidor (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 12 es factible delimitar una tendencia “estable” en cuanto a las mediciones de Nitratos en mg/L para el periodo 2012 - 2021 y en la Figura 13 se puede evidenciar una tendencia negativa para el año 2021.

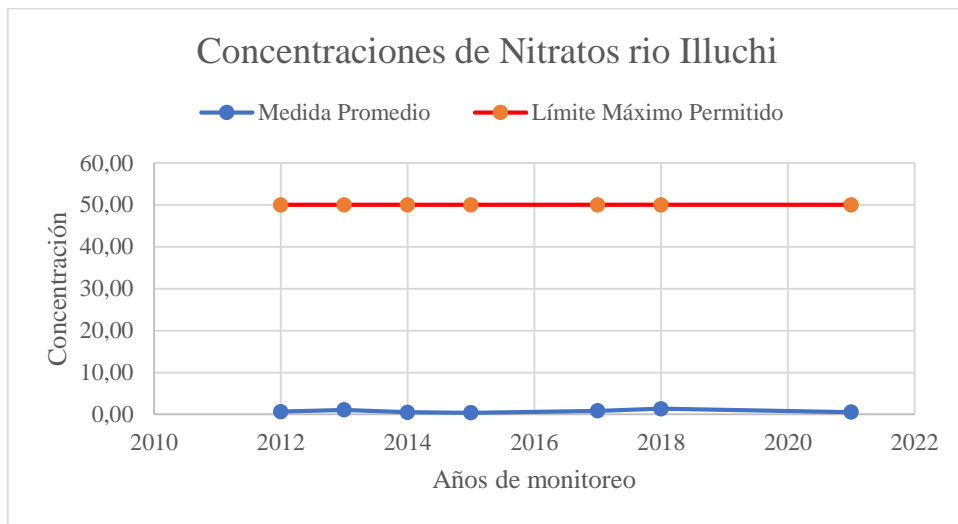


Figura 12. Concentraciones de Nitratos vs Años de monitoreo

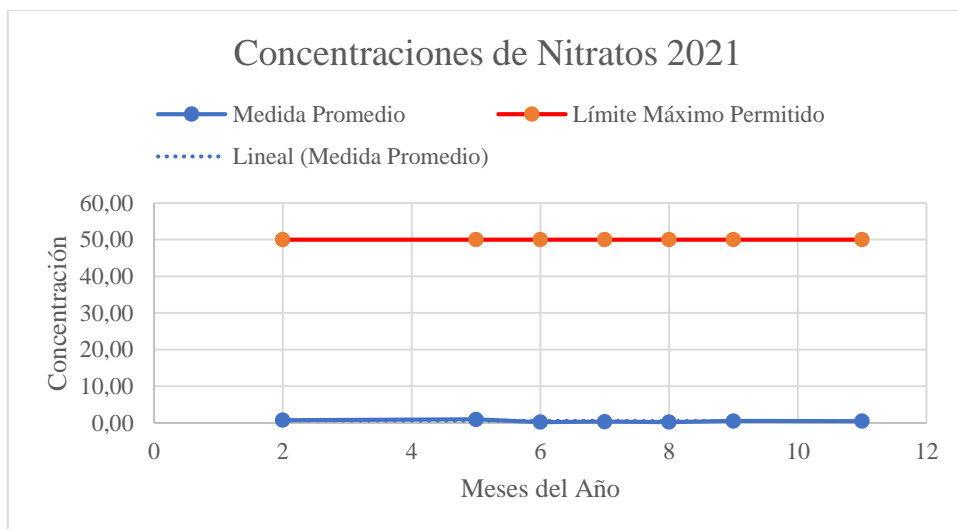


Figura 13. Concentraciones de Nitratos vs 2021

La presencia de nitritos en el agua es un indicativo de contaminación de carácter fecal reciente, de tal manera, en aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel del mismo no suele superar los 0,1 mg/L. Los nitritos en concentraciones elevadas

reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosamidas, las cuales poseen un elevado poder cancerígeno y tóxico (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 14 se denota una apreciable tendencia de crecimiento de los niveles de nitritos en el agua en el periodo 2012 – 2021 y en la Figura 5 dichas mediciones se presentan una ligera tendencia negativa para el 2021.

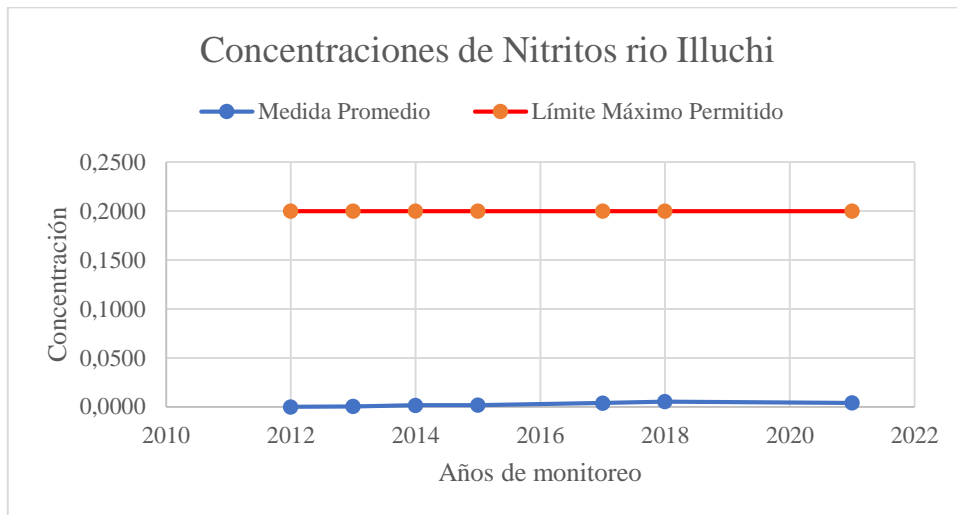


Figura 14. Concentraciones de Nitritos vs Años de monitoreo

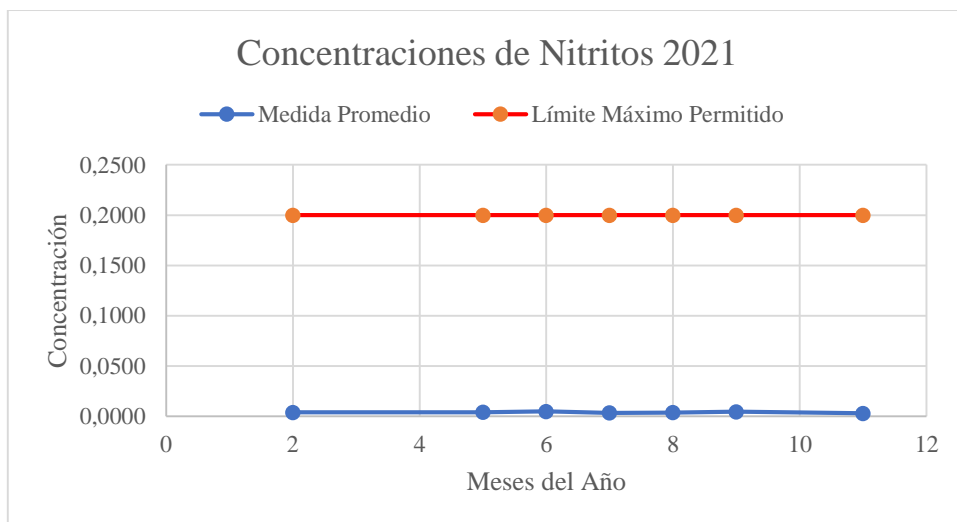


Figura 15. Concentraciones de Nitritos vs 2021

El hierro en los suministros de agua provenientes de aguas superficiales o del subsuelo en zonas rurales es muy frecuente, siendo que los rangos de concentración del mismo oscilan entre 0 a 50 mg/L, mientras que la OMS recomienda niveles

menores a los 0,3 mg/L (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 16 se denota una apreciable tendencia negativa en los niveles de concentración de Hierro en el agua, siendo este parámetro medido únicamente desde el año 2021 (Lo que imposibilitó su análisis en periodos anteriores).

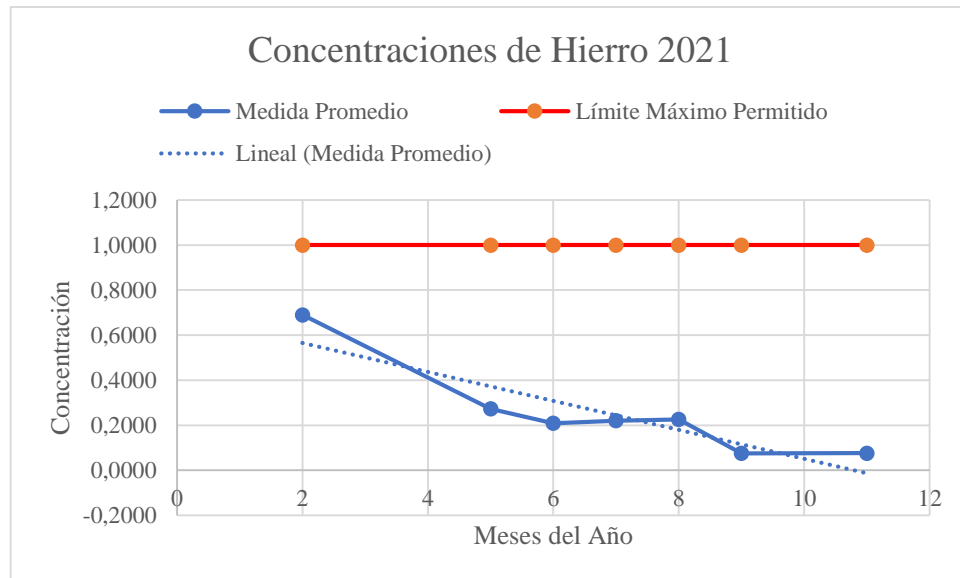


Figura 16. Concentraciones de Hierro vs Años de monitoreo

El cromo es uno de los elementos que pueden ser encontrados en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. Su toxicidad está directamente relacionada con su estado de oxidación y concentración, siendo el cromo hexavalente de especial impacto en los sistemas acuosos, principalmente por su reconocido carácter cancerígeno (A. Fernández & Vopedo, 2020). Es así, que en la Figura 17 se denota una ligera tendencia negativa en la concentración de Cromo Total en el agua del río Illuchi en el periodo 2012 – 2021 y en la Figura 18 dichas mediciones presentan una tendencia de crecimiento para el 2021, la cual, representa una gran problemática para el consumo humano.

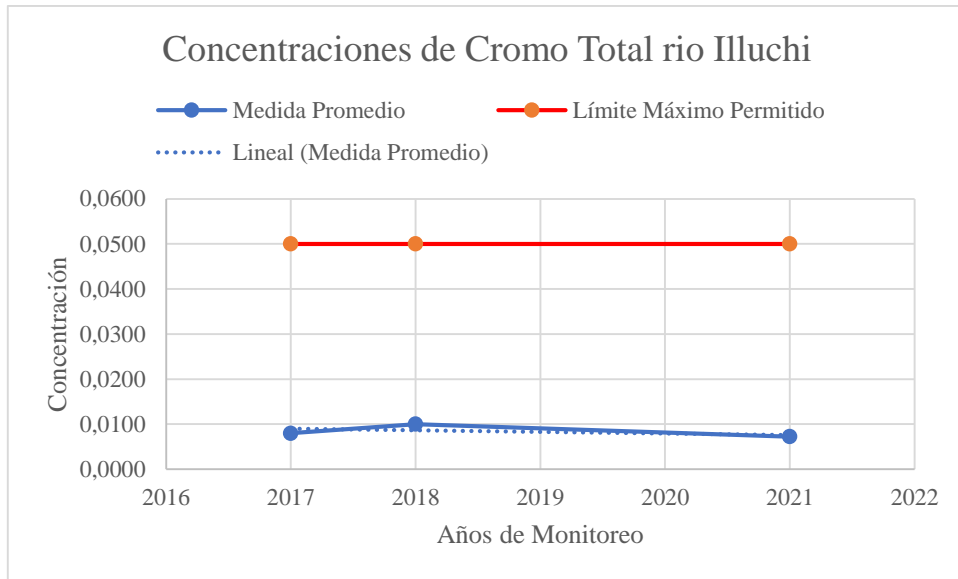


Figura 17. Concentraciones de Cromo Total vs Años de monitoreo

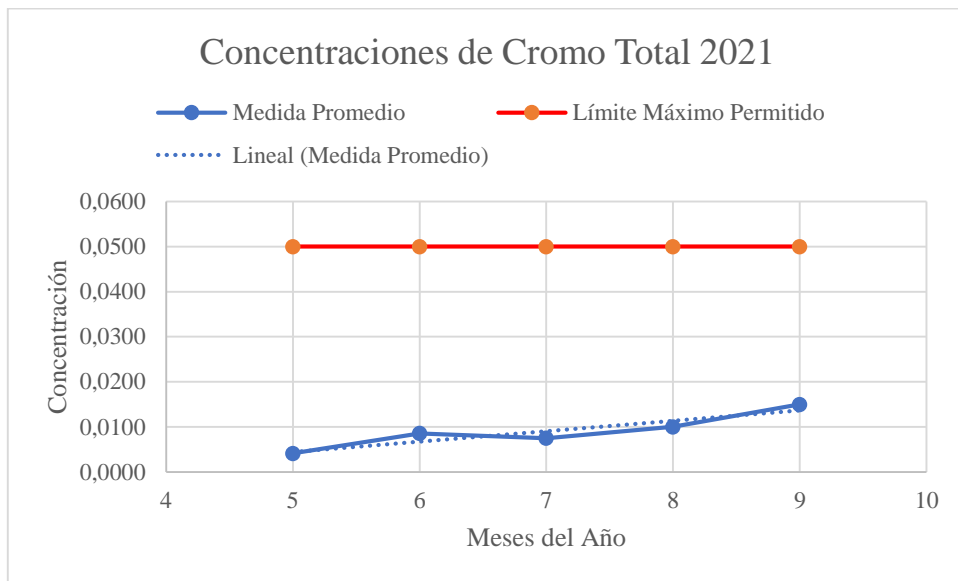


Figura 18. Concentraciones de Cromo Total vs 2021

De tal manera, el cromo es un elemento que ha sido identificado tanto como un agente cancerígeno como un micronutriente esencial (citar fuente bibliográfica que lo afirma), dependiendo directamente de su forma química. Su contaminación principalmente se debe por su aplicación industrial, en forma de curtientes, pigmentos, conservantes textiles, aleaciones, pinturas antiincrustantes, catalizadores, entre otras muchas aplicaciones.

La concentración promedio de Níquel en el agua potable es de entre 2 a 4,3 ppb. Sin embargo dicha cifra puede subir de forma exponencial en las zonas de descarga de industrias que procesen o utilicen dicho material en alguno de sus procesos. Para esto, cabe destacar que la exposición a varios compuestos de níquel está relacionada con problemas de salud como el cáncer de pulmón y nasal (A. Fernández & Vopedo, 2020). Ventajosamente, en la Figura 19 se denota una apreciable tendencia de disminución en los niveles de níquel, siendo este parámetro medido únicamente desde el año 2021 (Lo que imposibilitó su análisis en periodos anteriores).

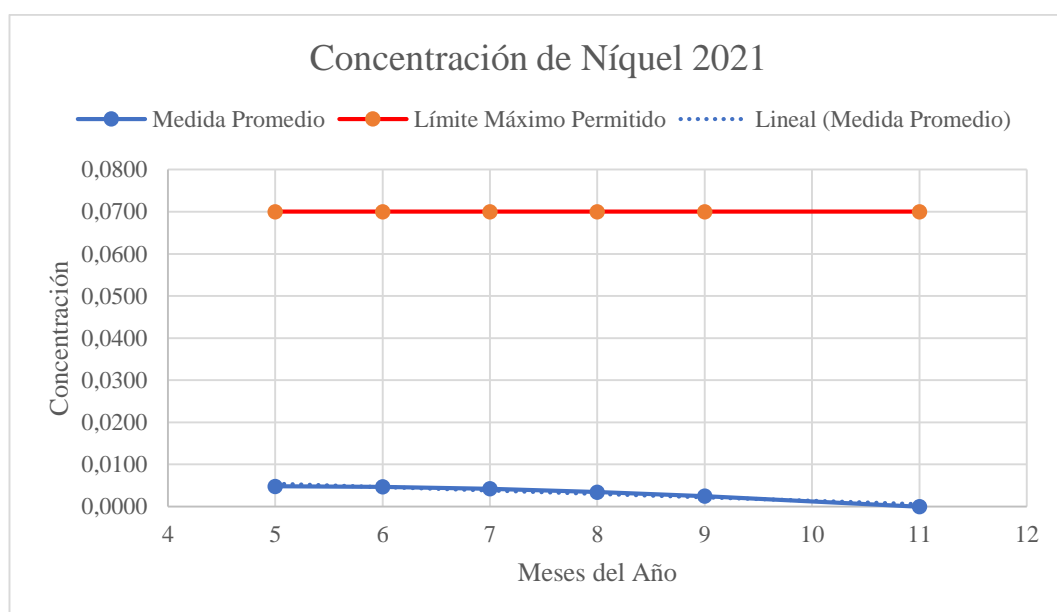


Figura 19. Concentraciones de Níquel vs 2021

3.6. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida Corto (ACVC)

3.6.1. Delimitación de impactos ambientales

Una vez realizado el análisis de inventario pertinente, en donde, se han seleccionado los parámetros físico – químicos en calidad de indicadores de calidad del río Illuchi (Color, Turbiedad, pH, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Hierro, Níquel, Cromo Total), se procedió con la identificación de sus impactos, categorías y escalas, como se muestra a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14. Caracterización de impactos por parámetro

Parámetro	Impacto/s	Categorías afectada	Escalas
Físico – Químico			
Color	Toxicidad humana; Ecotoxicidad; Eutrofización; Ruido y olores; Conservación de los recursos naturales y especies.	S; E, S; E; E, S; E,R.	G, R, L; G, R, L; G, R, L; L; L.
Turbiedad	Toxicidad humana; Ecotoxicidad; Conservación de los recursos naturales y especies.	S; E, S; E,R.	G, R, L; G, R, L; L.
pH	Toxicidad humana, Ecotoxicidad, Acidificación, Eutrofización, Uso del suelo, Conservación de recursos naturales y de especies.	S; E, S; E, S; E; R,E; E,R.	G, R, L; G, R, L; G, R, L; L; L.
Sulfatos	Toxicidad humana.	S.	G, R, L.
Nitratos	Toxicidad humana; Ecotoxicidad; Conservación de recursos naturales y especies.	S; E, S; E,R.	G, R, L; G, R, L; L.
Nitritos	Toxicidad humana; Ecotoxicidad; Conservación de recursos naturales y especies.	S; E, S; E,R.	G, R, L; G, R, L; L.
Hierro	Toxicidad humana.	S.	G, R, L.
Cromo	Ecotoxicidad; Conservación de recursos naturales y especies.	E, S; E, R.	G, R, L; L.
Níquel	Toxicidad humana.	S.	G, R, L.

Nota: R (Consumo de recursos naturales), E (Impactos al ecosistema) y S (Daños a la salud) corresponden a las categorías de impacto a considerar en un ACV. Por otro lado, G (Efectos globales) R (Efectos regionales) y L (Efectos locales) representan la escala de impacto de cada parámetro. Cabe destacar que el análisis de categorías afectadas y escalas es presentado por cada uno de los impactos identificados, separando los mismos con un punto y coma.

Fuente: SETAC (Sociedad de Toxicología Medioambiental y Química).

3.6.2. Factores de caracterización

A continuación fueron delimitados los factores de caracterización de cada categoría (Tabla 15), esto en base a los impactos delimitados previamente en la Tabla 14.

Tabla 15. Factores de caracterización

Parámetro Físico – Químico	Impacto/s	Factor de caracterización
Color	Toxicidad humana, marina y terrestre; Eutrofización.	PTH, PTA, PTT, PE.
Turbiedad	Toxicidad humana, marina y terrestre.	PTH, PTA, PTT.
pH	Toxicidad humana, marina y terrestre; Acidificación; Eutrofización.	PTH, PTA, PTT, PA, PE.
Sulfatos	Toxicidad humana.	PTH.
Nitratos	Toxicidad humana, marina y terrestre.	PTH, PTA, PTT.
Nitritos	Toxicidad humana, marina y terrestre.	PTH, PTA, PTT.
Hierro	Toxicidad humana, marina y terrestre.	PTH, PTA, PTT
Cromo	Toxicidad humana.	PTH.
Níquel	Toxicidad humana.	PTH.

Nota: PTH, PTA, PTT, PA y PE son representaciones cuantificadas de los impactos descritos en la tabla, representando potenciales de: toxicidad humana, toxicidad acuática, toxicidad terrestre, acidificación y eutrofización respectivamente.

Fuente: SETAC (Sociedad de Toxicología Medioambiental y Química).

Cabe destacar que en el presente trabajo los factores de caracterización fueron delimitados bajo la sumatoria del producto de los potenciales de impacto ambiental por el caudal promedio del río Illuchi. Dichos potenciales hacen referencia a la relación entre las medias ponderadas de los históricos de estudiados en el presente trabajo y el respectivo límite máximo de cada parámetro seleccionado.

3.6.3. Parámetros de alta peligrosidad sin delimitación de límites máximos

Los resultados de la evaluación de la importancia relativa de los impactos ambientales para los factores analizados en las secciones alta, media y baja del río Illuchi se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Estudio de impacto ambiental

Periodo	Color (EUI/s)	Turbiedad (EUI/s)	pH (EUI/s)	Sulfatos (EUI/s)	Nitratos (EUI/s)	Nitritos (EUI/s)	Hierro (EUI/s)	Cromo Total (EUI/s)	Níquel (EUI/s)	Impacto Total Mensual
Enero - Abril	25,87	6,42	0,0038	0,38	0,22	0,31	10,75	0,00	0,000	43,99
Mayo - Septiembre	11,92	6,08	0,0038	1,01	0,15	0,31	3,58	0,62	0,290	24,01
Octubre - Diciembre	30,50	8,79	0,0038	0,00	0,16	0,31	1,09	1,56	0,007	42,51
Impacto Total Anual	68,30	21,30	0,0115	1,39	0,55	0,93	15,44	2,18	0,371	110,51
Porcentaje	61,81%	19,28%	0,01%	1,26%	0,50%	0,85%	13,97%	1,98%	0,34%	-

Nota: Las Unidades de Impacto Ambiental fueron calculadas en base a la sumatoria del producto del caudal promedio del rio Illuchi por los potenciales de impacto previamente seleccionados.

En la Tabla 25, es factible evidenciar los valores del Impacto Total Mensual determinados para la Unidad Hidrográfica en estudio, considerando para esto los puntos de monitoreo y la información recopilada por las instituciones antes mencionadas en el año 2021. Delimitando un mayor impacto ambiental en el periodo de Enero – Abril.

Siendo los parámetros con mayor impacto ambiental: el color con el 61,81%, la turbiedad con el 19,28% y la concentración de Hierro con el 13,97%, seguidos de: Cromo Total, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Níquel y pH respectivamente. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio de excedencias en cuanto a los límites máximos establecidos para los parámetros físico -químico en estudio.

Para lo cual, se destaca un 16,07% de análisis que superan el límite máximo establecido para Color, 15,79% para Níquel y 1,30% para Turbiedad, destacándolos como parámetros críticos de calidad (Validando a la vez, los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación de impacto ambiental). Sin embargo, los 6 parámetros restantes no presentan excedencias reportadas en un total de 527 análisis.

3.6.2. Priorización de parámetros físico – químicos

Como se estableció desde el inicio del presente trabajo de investigación, el objetivo principal del proyecto es el de diseñar un plan de monitoreo eficiente, el mismo que posibilite la evaluación de calidad del agua superficial del río Illuchi, para lo cual, es fundamental la priorización de parámetros físico – químicos. Para lo cual, la selección de los parámetros claves se basó en tres factores, los cuales son:

- El estudio de disponibilidad de información (EDI).
- La recopilación de estándares de calidad (REC).
- El criterio de rutas Concentración vs Límites máximos (CR).
- La evaluación de impacto ambiental mediante la metodología ACVC.

A continuación en la Tabla 17 se presentan los parámetros priorizados:

Tabla 17. Priorización de parámetros para planes de monitoreo

Parámetro Físico - Químico	Unidad de Medida	Metodología Origen
Color	Upt.co	ACVC - CR
Turbiedad	NTU	ACVC - CR
Hierro	mg/L	ACVC
Cromo Total	mg/L	ACVC
Sulfatos	mg/L	ACVC
Nitratos	mg/L	ACVC
Nitritos	mg/L	ACVC
Níquel	mg/L	ACVC - CR
Sólidos disueltos totales	mg/L	REC - EDI
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	REC – EDI
Arsénico	mg/L	REC – EDI
Plomo	mg/L	REC - EDI

Nota: Adicionalmente fueron seleccionados cuatro parámetros físico – químicos debido a su importancia en la generación de impactos ambientales, los cuales, fueron identificados por las metodologías EDI y REC.

Cabe destacar, que los parámetros fueron seleccionados en vista a: la disponibilidad de estándares, las unidades de impacto ambiental mensuales, el nivel de excedencias de los límites máximos establecidos, la importancia otorgada por la normativa nacional (con un enfoque orientado al consumo humano) y la proyección de futuros incrementos por el análisis de concentración vs tiempo realizado.

3.6.3. Análisis multicriterio de los planes de monitoreo

El número total de parámetros priorizados para la UHT fue 12 (de los cuales, solo 9 cuentan con límites establecidos), considerando que las instituciones que aportaron con la información referente a la calidad del agua (el GAD del cantón Latacunga, la DIMAPAL y la planta de tratamiento de agua potable “Loma de Acoceres”) presentaron un total de 28 parámetros monitoreados en el periodo comprendido entre 2012 y 2021, se tiene una reducción del 57,14% en el número

de indicadores de calidad del recurso hídrico, lo cual, se traduce en eficiencia y en reducción de costos.

Para esto, como fue mencionado anteriormente en el presente trabajo de investigación se recopilaron 55 fichas de análisis físico – químicos, los cuales están conformados por de 78 caracterizaciones y un total de 1716 datos (correspondientes a los 22 parámetros evaluados). De los cuales, 27 fichas de análisis, 35 caracterizaciones y 770 datos corresponden al año 2021.

Partiendo de esta base y considerando un costo estimado para el número de análisis, se concluye pasar de un aproximado de 7136,64 dólares anuales a 3058.56, lo que deja un restante de 4078,08 dólares con el potencial de incrementar el número de puntos de muestreo, resolviendo el problema de representatividad de la muestra existente, esto debido a la deficiente distribución muestral de las cuencas baja, media y alta del río Illuchi. Posibilitando con esto, una optimización real del plan de monitoreo empleado actualmente por las instituciones antes mencionadas.

3.7. Modelo procedimental para el diseño de planes de monitoreo

El presente apartado expone el diseño procedimental simplificado para el diseño de planes de monitoreo (Tabla 18), mediante la selección óptima de parámetros físico – químicos basado en la investigación inductiva parte del estudio de la cuenca del río Illuchi. Cabe destacar que el modelo propuesto en el presente trabajo de investigación, tiene como consideración la existencia previa de información referente a la calidad del agua y se conoce la o las redes de monitoreo establecidas para la UH de interés.

Tabla 18. Modelo procedimental para el diseño de planes de monitoreo

Planteamiento de los Objetivos del Plan de Monitoreo				
Consideraciones previstas	Procesamiento	Limitantes o Condicionales	Productos	Ejemplos
El objetivo del Plan de monitoreo, será regir como herramienta eficaz para la toma de decisiones en cuanto a la gestión integral hídrica y ambiental.	Delimitar los objetivos y/o alcances del Plan de Monitoreo.	Condiciones: El Plan de monitoreo Ambiental contiene un enfoque constitucional del agua como patrimonio natural estratégico. Basando el plan en la gestión integral hídrica y ambiental.	Identificación de los objetivos del Plan de Monitoreo. Delimitación del alcance del Plan de Monitoreo.	Determinar la posibilidad de uso del recurso hídrico como agua potable. Delimitar el efecto de las actividades antrópicas en la calidad del recurso hídrico. Evaluar la migración de los contaminantes atmosféricos y del suelo hacia el recurso hídrico.
Selección del Área Hidrográfica de Estudio				
Consideraciones previas	Procesamiento	Limitantes o Condicionales	Productos	Ejemplos
Definición de la Unidad Hidrográfica.	Delimitación del código hídrico y nivel de la Unidad Hídrica por medio de la metodología de Pfafstetter (Establecida por SENAGUA).	Software de Sistemas de Información Geográfica	Delimitación de la zona de estudio	UH 4996976 en el nivel 7, de acuerdo con la división de Pfafstetter
Selección de Parámetros Físico - Químicos				
Consideraciones previas	Procesamiento	Limitantes o Condicionales	Productos	Ejemplos
Recopilación de y organización de la información referente a la calidad del agua. Estudio del comportamiento espacio	Levantamiento de información referente a campañas de monitoreo, procesamiento, análisis y selección de parámetros físico – químicos claves, los mismos que posibiliten un diagnóstico situacional óptimo	Determinación de límites máximos permitidos. Delimitación de presupuestos para campañas de monitoreo.	Selección de parámetros óptimos para la caracterización y análisis de la información de calidad.	(Tabla 17)

temporal de la calidad del agua. Ejecución de criterio de ruta Concentración vs Tiempo Análisis de Unidades de impacto Ambiental, según la metodología ACVC	referente a la calidad del Río Illuchi.			
---	--	--	--	--

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la calidad del río Illuchi, iniciando para eso con la delimitación de la zona de estudio la cual corresponde hidrológicamente al código 4996976 en el nivel 7, de acuerdo a la división de Pfafstetter. Se determinó un total de 32 puntos de monitoreo, de los que se delimitó su disponibilidad, medidas de dispersión y límites máximos de acuerdo con la normativa INEN 1108 y lo establecido en el ANEXO 1 del Acuerdo Ministerial 097-A.
- Mediante la implementación del criterio de rutas “Concentración vs Límites máximos” en relación con la metodología del Análisis del Ciclo de Vida Corto fue factible optimizar los parámetros físico – químicos evaluados en el plan de monitoreo actual del río Illuchi. De los cuales, mediante el estudio de disponibilidad de información, la recopilación de estándares de calidad y las herramientas antes mencionadas, fue factible la identificación de 12 parámetros que potencian el diagnóstico de calidad del río Illuchi., lo que representa una reducción del 57,14% en los costos de análisis por monitoreo, pasando de 7136,64 dólares anuales a 3058.56, lo que deja un restante de 4078,08 dólares con el potencial de incrementar parámetros como el número de puntos de muestreo y la periodicidad de análisis, resolviendo el problema de representatividad de la muestra existente, esto debido a la deficiente distribución muestral de las cuencas baja, media y alta del río Illuchi. Posibilitando con esto, una optimización real del plan de monitoreo actual. Cabe destacar que la frecuencia de muestreo está regulada por la Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental del Agua (NECA 151), la cual establece una frecuencia mínima de cuatro muestreos al año, distribuidos de manera equitativa en las estaciones climáticas y considerando las condiciones hidrológicas del río Además de frecuencias adicionales y frecuencias en zonas críticas, que podrán ser consideradas para dicho mejoramiento.
- Se realizó el diseño procedimental simplificado para el diseño de planes de monitoreo, mediante la elaboración de tres pasos de desarrollo, entre los

cuales se destacan: Planteamiento de los objetivos del plan de monitoreo, selección del área hidrográfica de estudio y la selección de los parámetros óptimos físico – químicos. Para los cuales, se describe: las consideraciones previstas, el procesamiento necesario, los limitantes o condiciones, los productos resultantes del proceso y finalmente se ejemplifican dos de las tres etapas planteadas.

RECOMENDACIONES

- En cuanto a la implementación del modelo propuesto en el presente trabajo de investigación, se recomienda el estudio a detalle de los límites máximos de cada parámetro físico- químico en relación a la calidad del agua, esto con el objetivo de identificar la mayor cantidad de parámetros de estudio posible y mejorar la eficiencia del diagnóstico de calidad en este tipo de monitoreos.
- Profundizar el tema a nivel académico y científico sobre gestión de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto.
- Divulgar el trabajo de investigación a nivel de talleres educativos e informativos sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Illuchi empleando la metodología de análisis de ciclo de vida corto y se propongan métodos científicos para el desarrollo del tema y mitigación al respecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, F. (2017). *Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros sistemas acuáticos* (2.^a ed.). Guía Metodológica para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de México.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449.
- Asamblea Nacional. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*.
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial 983.
- Aveiga, A., Noles, P., De la Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). *Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí*. 10(3), 30-41.
- Baird, C. (2001). *Química Ambiental*. Reverté S.A.
- Basterrechea, M., & Guerra, A. (2019). Recursos Hídricos. En *Primer reporte de evaluación de conocimiento sobre cambio climático en Guatemala* (pp. 86-107). Editorial Universidad UVG.
- Bastidas, A., & Vasquez, A. (2022). *Eficiencia de un filtro en geotextil no tejido para el tratamiento de aguas residuales de café en la finca «Campo Bello» El Zarzal (Tambo—Cauca)*. Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.
- Castellanos, M. (2016). *Determinación de la calidad del agua del río Illuchi en tres puntos, provincia de cotopaxi período 2015* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Espinoza, A. (2015). *Caracterización preliminar de dos microcuencas en el cantón Zaruma (Ecuador) y elaboración de propuestas de seguimientos de la Calidad el agua*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Evelyn, M. (2019). *Estudio para la selección de parámetros físico—Químicos en planes de muestreo de calidad del agua superficial, aplciado al río Tomebamba* [Tesis de Maestría]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Fernández, A., & Vopedo, A. (2020). *Indicadores Físico—Químicos: ¿Qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua?* Eudeba.
- Fernández, N., & Solano, F. (2005). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Universidad de Pamplona.
- Garraín, D. (2009). *Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología de análisis de ciclo de vida* [Tesis Doctoral]. Universitat Jaume I.
- González, A., & Palacios, I. (2020). *Environmental impact of the waste disposal in the Guaos-Gascón hydrographic basin of Santiago de Cuba*. 32(1).

- MAE. (2015). *Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria* [Acuerdo Ministerial 097-A]. MAE.
- MASTERGIS. (2022). *Curso de Gestión de Cuencas*. MASTERGIS. <https://mastergis.com/>
- Meléndez, J. (2019). *La identificación de las cabeceras de cuencas hidrográficas: Métodos y aplicaciones*. 22(40), 111-120.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. En *Registro Oficial* (pp. 7-26). LEXIS.
- Moreira, A., García, P., Pinto, A., Salinas, E., & Invanilton, J. (2020). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas: Posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra*. 29(1), 69-85.
- NSF. (2016). *Water Quality Index (WQI)* [Consumer Information:]. National Sanitation Foundation.
- ONU-DAES. (2015). *Decenio Internacional para la Acción «El Agua fuente de vida»*. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Orozco, C., & Pérez, A. (2015). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química* (3.^a ed.). Thomson Editoriales Spain Paraninfo.
- Peñafiel, A. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del río Tomebamba mediante el índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca.
- PNUMA. (2017). *Estrategia sobre el agua dulce 2017-2021* (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). PNUMA.
- Presidencia de la República del Ecuador. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. Decreto Ejecutivo 752.
- Reyes, R., & Zambrano, E. (2022). *Caracterización y diagnóstico de amenazas ambientales de la microcuenta de la Quebrada de Gualagchuco, en el periodo 2021-2022* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Rojas, M. (2018). *Medición, valoración y registro con NIIF del recurso hídrico en la producción de arroz para México* [Tesis de Maestría]. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2017). *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. 27(3), 172-181.
- SENAGUA. (2020). *Informe de rendición de cuentas 2019 demarcación hidrográfica de Pastaza* (p. 26) [Rendición de Cuentas]. Secretaría del Agua.
- S.L. Interconsulting Bureau. (2019). *Calidad de aguas: Usos y aprovechamiento*. Ediciones de la U-ICB Editores.

UNEP. (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. United Nations Environment Programme.

Vázquez, L., Correa, A., Vargas, R., & Rodríguez, H. (2021). *Hydrological model, water quality and climate change: Support for the integral management of the Soto la Marina river watershed*. 16(1), 20-41.

Vignes, R. (2001). *Use Limited Life-Cycle Analysis for Environmental Decision-Making*. CEP. www.aiche.org/cep/

Anexo I

Categorías de impacto ambiental

CACV

Tabla I.1 Efectos ambientales a considerar en las categorías de impacto en un EICV

Impacto	Categoría afectada	Escala
Consumo de recursos	R, E	G
Calentamiento Global	E	G
Reducción de la capa de Ozono	E, S	G
Toxicidad humana	S	G, R, L
Ecotoxicidad	E, S	G, R, L
Acidificación	E, S	G, R, L
Eutrofización	E	G, R, L
Formación de oxidantes fotoquímicos	S, E	G, R, L
Uso del suelo	R, E	L
Ruido y olores	E, S	L
Residuos	E, S	R, L
Conservación de recursos naturales y de especies	E, R	L

Tabla I.2 Factores de caracterización y unidad de referencia para categorías de impacto medioambiental

Impacto	Categoría afectada	Escala
Calentamiento Global	PCG	Kg en CO ₂
Reducción de la capa de Ozono	PAO	Kg en CFC-11
Acidificación	PA	Kg en SO ₂
Toxicidad humana, marina y terrestre	PTH, PTA, PTT	Kg en 1,4-DB
Formación de oxidantes fotoquímicos	PFFO	Kg en C ₂ H ₄
Eutrofización	PE	Kg en PO ₄

Agotamiento de recursos abióticos	PRA	Kg en Sb
Consumo de materias primas	Cantidad Consumida	T
Consumo de recursos energéticos	Cantidad Consumida	MJ

Anexo II

**Solicitud de parámetros de
calidad del agua superficial de la
microcuenca del río Iluchi 2012
-2021**

Latacunga, 03 de agosto , 2022

Presente.-

De mi consideración:

Sailema Jiménez Diana Maricela con cédula de ciudadanía N° 1804981734 en calidad de estudiante del programa de maestría en **Gestión Ambiental con mención en Desarrollo Sostenible**, paralelo "Único", cohorte 2022, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, me dirijo a ud. para solicitar de manera más comedida me facilite el acceso y la entrega digital de los datos o monitoreos no certificados, o mediciones realizadas por su institución o instituciones afines acerca de los parámetros de **calidad del agua superficial de la Microcuenca del Río Illuchi**, parámetros físicos y químicos (pH, DBO, DQO, SST, turbidez, OD, Coliformes fecales, Sólidos Totales, Turbiedad, NO₃ y PT) para el periodo comprendido desde el año 2010 hasta el año 2021. Por su intermedio solicitar a la DIMAPAL los registros de los parámetros de calidad del agua que ingresa a la planta potabilizadora de la Microcuenca del Río Illuchi, basado en el artículo 81 de la Constitución Política de la República del Ecuador, LÉY ORGANICA DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA para el estudio en el Trabajo de Titulación con el tema "GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLUCHI EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA CORTO."

Cordialmente,



Sailema Jiménez Diana Maricela
CI: 1804981734
Correo: diana.sailema1734@utc.edu.ec
Número de celular: 0995148157

GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN DE LATACUNGA
SECRETARÍA GENERAL

03 AGO 2022

RECEPCION DE DOCUMENTOS

HORACIO SECRETARÍA

Oficio Nro. GADCL-PSM-2022-0026-O

Latacunga, 01 de septiembre de 2022

Asunto: TRANSPARENCIA. REMITIR LA INFORMACIÓN QUE DETALLA EL OFICIO ADJUNTO. REF.OF.N. 2022-5412-SG.

Diana Mariela Sailema Jiménez
En su Despacho

De mi consideración:

Reciba usted un afectuoso saludo, en respuesta a su solicitud con oficio S/N a través del que solicita la información que detalla en el **impreso adjunto**.

Por la facultad a mi otorgada mediante Resolución Administrativa N° 039-2021-PSM-AL de fecha 20 de septiembre de 2021, garantizando el derecho de acceso a la información reconocido en el Art. 192 del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos y lo expresado en el Art. 13 de la Convención Americana de los Derechos Humanos, en concordancia con el Art. 18.1. 2 de la Constitución de la República del Ecuador y el Art. 9 de la LOTAIP en el término establecido en el flujograma para regular las diferentes Etapas del Procedimiento Administrativo para garantizar el efectivo ejercicio del derecho de acceso a la Información Pública.

Me permito adjuntar al presente el siguiente documento, Oficio N. 2022-071-DIMAPAL suscrito por el señor Arq. Fernando López Coba Director de Agua Potable y Alcantarillado, quien da respuesta a lo solicitado; dicha información podrá ser retirada de las oficinas de la Dirección de Planificación para el Desarrollo ubicadas en el tercer piso del Palacio Municipal.

El peticionario deberá dar cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 5 del Reglamento a la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública y en el Art. 35 de la Ordenanza que Regula el Sistema de Participación Ciudadana del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga que establece: *“El acceso a la información pública será gratuito en tanto no se requiera la reproducción de materiales que respalden a esta, en tal caso, el peticionario cubrirá los costos de reproducción de la información (...)”*.

Particular que informo para su conocimiento y fines pertinentes.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



Municipio de
Latacunga



Oficio Nro. GADCL-PSM-2022-0026-O

Latacunga, 01 de septiembre de 2022

Abg. Maria Belen Peñaherrera Jaramillo
ANALISTA 3 DE PROCURADURIA SINDICA

Copia:

Señor Doctor
Byron Mauricio Cardenas Cerda
Alcalde del Cantón Latacunga

EH



Municipio de
Latacunga



DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Latacunga 31 de agosto del 2022
Of. N. 2022-071-DIMAPAL

Abg.
María Belen Peñaherrera Jaramillo
Analista 3 de Procuraduría.
Presente.-

De mis consideraciones:

En atención al memorando Nro. GADCL-PSM-2022-0216-M, a través del mismo solicita se envíe la información sobre la calidad de agua superficial de la Microcuenca del Río Illuchi, requerida por la señora Diana Maricela Sailema Jiménez, al respecto se informa:

- Mediante oficio Nro. 2022-27-DIMAPAL, de fecha 25 de agosto del 2022, se envía la información a la Señora María Cristina Moreno, Alcaldesa Subrogante, en archivo digital.

Por lo que se vuelve a enviar la información, presentada por el Tglo. Juan Carlos Escobar, Analista 3 de Producción, Operación y Mantenimiento, a través de oficio No. 2022-136-JPTAPM; para su revisión y trámite respectivo.

Particular que envió para los fines pertinentes.


Atentamente


Arq. Fernando López Coba.

DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

ADJ. CC. 2022-27-DIMAPAL, 2022-136-JPTAPM



DESCRIPCIÓN	NOMBRE	FIRMA
ELABORADO POR	ING. PAULINA TAPIA	
REVISADO POR	ARQ. FERNANDO LÓPEZ COBA	
APROBADO POR	ARQ. FERNANDO LÓPEZ COBA	



Municipio de
Latacunga



DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Latacunga 24 de agosto del 2022
Of. N. 2022-27-DAPAL

**Señora
María Cristina Moreno
ALCALDESA SUBROGANTE
Presente.-**

De mi consideración:

En atención a oficio N. 2022-5412-SG, que adjunta comunicación de la señora Diana Maricela Sailema Jiménez, que solicita datos o monitoreos no certificados, de mediciones realizadas de parámetros físicos y químicos de calidad de agua superficial de la Microcuenca del Río Illuchi, adjunto copia de oficio N. 2022-136-JPTAPM suscrito por el Tlgo. Juan C. Escobar Funcionario de esta dirección informa lo solicitado y anexo CD.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente

Arq. Fernando López Coba,
DIRECTOR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO



DESCRIPCION	NOMBRE	FIRMA
ELABORADO POR	SRA. MAGDALENA ZURITA	
REVISADO POR	TLGO. JUAN ESCOBAR	
APROBADO POR	ARQ. FERNANDO LOPEZ	

RECIBIDO
DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

mz.

Anexo III

**Ejemplificación de resultados de
análisis físico – químicos**



DIRECCION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO "DIMAPAL"					
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LOMA DE ALCOCERES"					
ANALIASIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA					
				Límite máximo permitido (Norma INEN 1108)	
Número de la muestra	O34		O35		
Número del análisis	O13		O13		
Procedencia	Cdla. Patria		Registro Civil		
Dirección	Hnas.del Buen Pastor y Maristas				
Fecha de toma	1 de junio de 2021		1 de junio de 2021		
Tomado por	Sr. Germán Mora		Sr. Germán Mora		
Fecha de análisis	2 de junio de 2021		2 de junio de 2021		
Color	14		13		15
	Upt.co		Upt.co		Upt.co
Turbiedad	4,92	NTU	4,76	NTU	5
					NTU
Ph	7.18		7.21		No establecido
Conductividad	89.2	mhs/cm	85.7	mhs/cm	" "
Alcalinidad	32	mg/L	28	mg/L	" "
Dureza	34	mg/L	36	mg/L	" "
Calcio	6.4	mg/L	8.8	mg/L	" "
Sulfatos	3	mg/L	6	mg/L	" "
Nitratos	0.0	mg/L	0.1	mg/L	50
					mg/L
Nitritos	0.000	mg/L	0.002	mg/L	3,0
					mg/L
Mg.	4.4	mg/L	3.4	mg/L	No establecido
Carbonatos	0	mg/L	0	mg/L	" "
Bicarbonatos	32	mg/L	28	mg/L	" "
Dureza Carbonatada	32	mg/L	28	mg/L	" "
Dureza no Carbonatada	2	mg/L	8	mg/L	
Sólidos disueltos totales	42.2	mg/L	40.6	mg/L	
Fosfatos (Ortofosfato)	0,08	mg/L	0,05	mg/L	No establecido
Hierro	0,62	mg/L	0,51	mg/L	" "
Cromo Total	0,00	mg/L	0,00	mg/L	0,05
					mg/L
Manganeso	0,9	mg/L	0,8	mg/L	No establecido
Niquel	0,013	mg/L	0,004	mg/L	0,07
					mg/L
Cobalto	0,028	mg/L	0,016	mg/L	No es tablecido