



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL MENCIÓN PLANIFICACIÓN  
AMBIENTAL**

**TEMA:**

---

**EVALUACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN DE  
LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LA ESTACIÓN DEL  
CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental, Mención Planificación ambiental.

**Autor**

Carlos Sebastián Guanotásig Molina

**Tutor**

PhD. Cristian Javier Melo González

Quito - Ecuador

2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR  
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Carlos Sebastián Guanotásig Molina, declaro ser autor del Trabajo de Investigación con el nombre EVALUACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LA ESTACIÓN DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI, como requisito para optar al grado de Magíster en Gestión Ambiental, Mención Planificación ambiental, y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

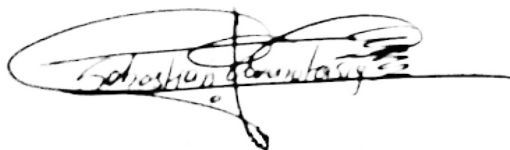
Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 15 días del mes de septiembre de 2022, firmo conforme:

**Autor:** Carlos Sebastián Guanotásig Molina

**Firma:**



**Número de cédula:** 0502914435

**Dirección:** Pichicha, Quito, San Blas

**Correo Electrónico:** [sebastian2631@hotmail.com](mailto:sebastian2631@hotmail.com)

**Teléfono:** 0987608812

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, EVALUACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LA ESTACIÓN DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI presentado por Carlos Sebastián Guanotásig Molina, para optar por el Título de Magíster en Gestión Ambiental, Mención Planificación Ambiental.

### **CERTIFICO:**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

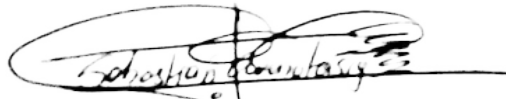
Quito, 15 de septiembre de 2022

.....  
PhD. Cristian Javier Melo González  
C.I.: 1709734907

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magíster en Gestión Ambiental, Mención Planificación Ambiental, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 15 de septiembre de 2022



.....  
Carlos Sebastián Guanotásig Molina  
C.I.: 0502914435

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: EVALUACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LA ESTACIÓN DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI, previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión Ambiental, Mención Planificación Ambiental, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 15 de septiembre de 2022

.....  
PhD. Melo González Cristian Javier  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....  
M.Sc. Lozano Haro Zayda Jacqueline  
VOCAL

.....  
M.Sc. Suarez Duque David Ernesto  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Este trabajo esta dedica en primer lugar a Dios por permitirme estar en este planeta y poder seguir cumpliendo sueños, a mis padres Carlos y Magdalena, quienes con su esfuerzo, paciencia y amor me han apoyado para cumplir una meta más en mi vida tanto como profesional como personal.

A mi Abuelita Carmela, quien con su vida ha demostrado que hay q luchar hasta el último día tratando de dar todo lo que tenemos en este planeta.

A mis compañeros de maestría quien día a día tuvimos que esforzarnos por conseguir una meta más en la vida para poder ser mejores profesionales.

A mis familiares y amigos por su apoyo, por el amor brindado y los consejos recibidos.

*Sebastián*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la Universidad Tecnológica Indoamérica por el apoyo y todos los conocimientos brindados para poder desarrollar este trabajo de titulación, principalmente al señor PhD. Cristian Javier Melo Gonzales, quien con sus consejos su experiencia y su ayuda técnica se pudo desarrollar este trabajo y obtener los resultados tan esperados y relevantes para la comunidad de Latacunga.

*Sebastián*

## INDICE

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
INDICE .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	xi
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Importancia y actualidad .....	3
Justificación.....	5
Planteamiento del problema.....	6
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO I.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
Contaminación de aguas de ríos.....	9
Contaminación de ríos.....	12
Aguas residuales.....	14
Tipos de contaminantes en ríos .....	14
Contaminación en ríos de Ecuador, causas y efectos.....	16
Impactos a causa de la contaminación Hídrica .....	17
Variable Dependiente: Cuenca del río Cutuchi, sector la Estación, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi .....	19
Situación actual de río Cutuchi .....	19
Estudios Realizados sobre la cuenca del Río Cutuchi .....	22
Normativa legal vigente .....	24
La calidad del agua.....	26
Calidad del agua según indicadores físico-químicos .....	27
Estimación del Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI) .....	27
Índice de Calidad del Agua (ICA) .....	27
CAPÍTULO II .....	29
DISEÑO METODOLÓGICO .....	29
Paradigma y tipo de investigación .....	29
Nivel o tipo de investigación.....	29
Procedimiento para la búsqueda y procesamiento de los datos .....	30
Población y muestra .....	30



Operacionalización de la Variable Independiente: Mejora de la calidad de agua del río Cutuchi, mediante la implementación de un plan de manejo de cuenca. ....	32
Operacionalización de la Variable Dependiente: Parámetros de calidad de agua de la cuenca del río Cutuchi.....	33
Procedimiento de recolección de la información .....	34
Métodos, técnicas e instrumentos .....	34
Técnicas e instrumentos .....	35
Recolección de la información.....	35
Procedimiento de Recolección de la Información y análisis de parámetros físico químicos in situ .....	36
CAPÍTULO III.....	41
RESULTADOS.....	41
Análisis de calidad de agua según los parámetros físico químicos y microbiológicos. ....	41
Análisis de calidad de agua con el Índice de Calidad del Agua.....	47
CONCLUSIONES .....	50
RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	55
ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de contaminantes en cuerpos de agua .....	12
Tabla 2 Contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua.....	15
Tabla 3 Mortalidad por enfermedades asociadas a la contaminación hídrica.....	18
Tabla 4 Resumen de estudios realizados en la cuenca del Río Cutuchi.....	22
Tabla 5 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	26
Tabla 6 Nivel trófico según el TSI.....	27
Tabla 7 Estándar de valores asignados a cada variable según ICA-NSF.....	28
Tabla 8 Asignación calidad de agua para cada variable según valor ICA .....	28
Tabla 9 Ríos del sistema hidrográfico de la cuenca del Pastaza .....	30
Tabla 10 Operacionalización de la variable independiente.....	32
Tabla 11 Operacionalización de la variable dependiente.....	33
Tabla 12 Preguntas básicas para la recolección de la información .....	34

Tabla 13 Zonas de estudio para toma de muestras.....	35
Tabla 14 Coordenadas zonas de estudio para tomas de muestras.....	39
Tabla 15 Parámetros ambientales obtenidos en zonas de estudio.....	42
Tabla 16 Calculo de la ponderación de Variables para la valoración del ICA .....	47
Tabla 17 Criteríos de ponderación de resultados de ICA .....	48

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zonas presentes en el cauce de un río.....	13
Figura 2 Mapa de la cuenca hídrica del río Cutuchi - Latacunga .....	20
Figura 3 Mapa de la cuenca del Pastaza.....	31
Figura 4 Mapa de Puntos de Muestreo.....	40

### ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Variación de Porcentaje de Oxígeno Disuelto.....	43
Grafico 2 Variación de Porcentaje de la Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	44
Grafico 3 Variación de Solidos Disueltos.....	44
Grafico 4 Variación de Conductividad .....	45
Grafico 5 Variación de Nitratos .....	45
Grafico 6 Variación de Fosfatos .....	46
Grafico 7 Variación de Coliformes .....	47
Grafico 8 Calidad de agua según el Índice de Calidad .....	48

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL, MENCIÓN PLANIFICACIÓN**  
**AMBIENTAL**

**TEMA: EVALUACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LA ESTACIÓN DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.**

**AUTOR:** Guanotásig Molina Carlos Sebastián

**TUTOR:** PhD. Cristian Melo

**RESUMEN EJECUTIVO**

La calidad del agua en el río Cutuchi es compleja, y este posee una gran importancia por sus servicios ecosistémicos que brinda a la región. La existencia de agentes económicos que generan desechos hacia el efluente y de dos casas de salud cerca de la zona riverense, han generado la necesidad que se evalúe estas fuentes de contaminación, para conocer el estado de calidad del agua. El objetivo es evaluar las fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Cutuchi, para mejorar la gestión del recurso hídrico de la zona verificando el cumplimiento con la normativa legal vigente. En las zonas de estudio se midieron once parámetros físicos, químicos y microbiológicos, a su vez se tomaron puntos de control, aguas arriba como punto de control negativo y aguas abajo como control positivo. Estos parámetros luego fueron utilizados para realizar un Índice de Calidad de Agua con nueve de los mismos y junto con curvas estandarizadas de calidad de agua, nos dieron una visión de la salud del efluente. Los resultados obtenidos muestran que los puntos de estudio cumplen con los límites máximos establecidos en la normativa, pero al realizar el análisis con los índices de calidad de agua acorde a los factores de corrección, estos poseen una calidad de regular a mala, con un ICA de cincuenta por ciento, el trayecto de la zona estudiada y el control positivo demuestra que la autodepuración del río es insuficiente para recuperar condiciones anteriores de calidad. Con esto el estudio demuestra que el uso de Índices de Calidad de Agua son útiles y agilitan el análisis de las características de los efluentes. Se recomienda realizar programas de monitoreo de efluentes utilizando el ICA y enfocados en programas de recuperación y protección de zonas ribereñas para mejorar la calidad de fuentes hídricas.

**DESCRIPTORES:** Contaminación, fuentes, puntuales, río, índice, calidad, ICA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL, MENCIÓN PLANIFICACIÓN**  
**AMBIENTAL**

**TEMA:** EVALUATION OF POINT SOURCES OF POLLUTION OF THE CUTUCHI RIVER BASIN IN THE LA ESTACION SECTOR OF THE LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE.

**AUTOR:** Guanotásig Molina Carlos Sebastián

**TUTOR:** PhD. Cristian Melo

**ABSTRACT**

Water quality in the Cutuchi River is complex, and it is relevant for the ecosystem services it provides to the region. The economic agents that generate waste into the effluent and two health centers near the river area have generated the need to evaluate these sources of contamination to know the water quality status. The objective is to evaluate the specific sources of contamination in the Cutuchi river basin to improve water resource management in the area and verify compliance with current legal regulations. Eleven physical, chemical, and microbiological parameters were measured in the study areas, and control points were taken upstream as a negative control point and downstream as positive control. These parameters were then used to make a Water Quality Index with nine of them and with standardized water quality curves, which gave us a vision of the health of the affluent. The results obtained show that the study points comply with the maximum limits established in the regulations. However, when analyzing it with the water quality indexes according to the correction factors, these have regular to bad quality, with an WQI of fifty percent. The path of the area studied and the positive control shows that the self-purification of the river is insufficient to recover previous quality conditions. With this, the study demonstrates that the Water Quality Indices are useful and expedite the analysis of effluent characteristics. It is recommended that effluent monitoring programs be carried out using the WQI and focused on recovery and protection programs of riparian zones to improve the quality of water sources.

**KEYWORDS:** Pollution, source, point, river, index, quality, AQI

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia y actualidad**

Dentro de las líneas de investigación de acuerdo a lo estipulado en el artículo 25 del Reglamento de Régimen Académico de la Educación Superior, se propone la realización de un Estudio de Caso, mediante la evaluación de fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Cutuchi sector La Estación, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Este estudio se lo realiza con el objetivo de mejorar la gestión del recurso hídrico, con la aplicación de un análisis del Índice de Calidad de Agua (ICA), realizando muestreos en campo para analizarlos y compararlos con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), con la finalidad de entender mejor el Funcionamiento del medio biofísico.

El uso del agua, en acciones antrópicas ha provocado que la disposición final y calidad de sus características se vea degradada, causando afectaciones a la flora, fauna y al ecosistema en general (Richter et al., 2003). El crecimiento de la población ha ocasionado el aumento de zonas urbanas, que generan cambios en los ecosistemas fluviales, aumentando la carga de contaminantes además de la impermeabilización de áreas de drenaje y captaciones en las cabeceras de los ríos, (Merlotto et al., 2012). La descarga directa de aguas residuales residenciales; a los efluentes de los ríos causan una degradación en la calidad de las aguas, fenómeno que es un constante problema en Ecuador (Sucoshañay et al., 2014).

La ciudad de Latacunga (provincia de Cotopaxi), posee un sistema pluvial variado, por encontrarse ríos que nacen de los páramos y del volcán Cotopaxi. El río Cutuchi, según el método Pfastetter (Rivera & Reyes, 2017), pertenece a la cuenca alta del Pastaza, el cual confluye en el efluente del Río Pastaza. El río Cutuchi atraviesa las ciudades de Latacunga, Salcedo, Pujilí, Pelileo y llega hasta convertirse en el río Ambato. Este es uno de las principales fuentes de agua, para regadío, siembra y consumo de animales de granja propios de la población de la sierra centro (Illanes C., 2016).

En la actualidad la situación del río Cutuchi es bastante compleja. Estudios realizados por la Dirección Provincial de Ambiente de Cotopaxi en el 2015, determinó que existe una aumento en los parámetros tenso activos, DBO, DQO y boro y una disminución del oxígeno lo que limita la disponibilidad de este elemento por parte de los seres vivos que podrían habitar este medio (peces y demás organismos acuáticos), según estudios realizados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi muestra que la calidad del agua en el río

Cutuchi, se encuentra por debajo de los límites establecidos en la norma (GADPC, 2015).

Según la Constitución Política del Ecuador aprobada en el 2008, son los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), son los titulares de las competencias, para prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental, entre otras, (Asamblea Constituyente, 2008). Por otro lado, limitaciones en los GADs, han causado problemas para analizar las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en los centros urbanos y tomar medidas para mitigar los efectos de la eliminación de desechos en las cuencas hídricas.

La existencia de industrias florícolas, ganaderas y mecánicas automotrices (entre otras), han causado que la degradación de la calidad del agua se vea afectada. Adicionalmente en la ciudad de Latacunga, dentro del sector La Estación, funcionan autos lavados, mecánicas automotrices y mecánicas industriales. La autoridad local tiene problemas con la aplicación de la normativa interna sobre la eliminación de desechos sin un tratamiento previo (Yáñez Q. & Vásquez R., 2015). Además, en el sector funcionan dos casas de salud, Hospital General Provincial de 256 camas del Ministerio de Salud Pública y el Hospital Básico Latacunga de 85 camas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, que se encuentran dentro de los límites de construcción de riberas (30 metros según ordenanza municipal para la descontaminación y protección de ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga).

Acorde a lo mencionado anteriormente, las casas de salud según estudios realizados por González (2018) en Colombia, han demostrado que; los centros hospitalarios, eliminan a efluentes de descarga al sistema de alcantarillado, sustancias de origen farmacéutico, causado una cantidad de contaminantes emergentes no considerados en las normas nacionales ni locales (González C. et al., 2018).

Según estudios realizados por la consultora COHIEC C.ltda. en el año 2001 en coordinación con el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) se observaron que el río Cutuchi posee tres orígenes de contaminación puntual (Proaño C., 2009).

- a) Fuentes Naturales: por su composición geológica de la zona, posee una influencia de gran cantidad de compuestos bicarbonatados haciendo de estas aguas ligeramente básicas con dureza y alcalinidad altas.
- b) Fuentes Domésticas: las descargas tanto de los afluentes como hacia el río contienen una alta carga de desechos biodegradables y coliformes además de grasas, aceites y contaminantes emergentes.

- c) Fuentes Puntuales Industriales: la cuenca recibe descargas de varias empresas tanto como de la parte agrícola, como de manufactura, industrias metalúrgicas además de desechos dentro de la ciudad como las del hospital de Latacunga y la fábrica de molinos, así como pequeñas lubricadoras.

Si bien en la ciudad de Latacunga se han realizados diversos estudios sobre la calidad de agua del río Cutuchi, no existen estudios para el sector urbano en especial el sector de La Estación. Por este motivo, en este estudio se eligieron puntos de muestreo dentro de la zona urbana donde se ha identificado que existen fuentes puntuales de contaminación hacia el río Cutuchi. En el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Latacunga (Alomoto Q., 2018), esta zona se encuentra destinada como, “área urbana de producción”, por lo que el tipo de contaminación estará dentro de los rangos establecidos y que este tipo de contaminantes no provocan cambios en la calidad de agua que afecta tanto a flora como a fauna, resulta fundamental para conocer la realidad del efluente y poder desarrollar modelos que ayuden al monitoreo rápido de la calidad del río Cutuchi para conocer el estado en el cual se encuentra río y determinar las acciones pertinentes de conservación (Reinoso G., 2008).

## **JUSTIFICACIÓN**

La naturaleza es un sistema abierto que funciona como un todo, posee armonía en cada una de sus partes. Gran parte de los ecosistemas dependen de la disponibilidad del agua, y su sostenibilidad está fuertemente ligada a la calidad de esta. Estos ecosistemas se han visto alterados por la intervención humana, razón por la cual, su interés por proteger los recursos y salvaguardar los servicios ecosistémicos han aumentado principalmente sobre el abastecimiento de agua y la protección de recursos hídricos (Aguilar G. & Fenandez C., 2006).

Las actividades antropogénicas han provocado que se generen desechos sólidos y líquidos, que son vertidos hacia los efluentes, generando una concentración final de contaminantes en el agua, degradables o no, que inciden en la calidad final del recurso con efectos negativos sobre la economía y la salud humana dependiendo de la gravedad, intensidad y de las características de los desechos(Villanueva & Esquivel, 2012).

Los estudios realizados sobre la determinación de factores que afectan a los cuerpos hídricos son de suma importancia ya que se puede distinguir la variación de la calidad del agua. El uso de métodos de determinación de calidad de agua mediante índices de calidad, ayuda de manera positiva a conocer el estado de ríos y cuencas



de una manera efectiva, acortando los tiempos y recursos para la cuantificación de la calidad de los mismos (Torres et al., 2009).

La calidad del río Cutuchi se encuentra deteriorada por la presencia de industrias, plantaciones, descargas de plaguicidas, fertilizantes metales pesados, etc., constituyendo un problema socio ambiental con respecto al crecimiento de la contaminación de reservas de hídricas (Illanes C., 2016).

Estudios realizados por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), ahora Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), el Instituto Nacional del Riego de Cotopaxi y otras entidades muestran que el Cutuchi es un río “muerto” por sus características físico químicas además se comprueba la existencia de contaminantes emergentes como el boro, un químico que causa trastornos neurológicos y tumores malignos (Garay F., 2018).

El presente proyecto al encontrarse enmarcado en la línea de investigación de calidad del agua, se ha enfocado en la determinación de la calidad del agua mediante la utilización de índices para conocer de manera efectiva y de eficaz el estado del río Cutuchi y poder determinar estrategias para la mejora del recurso hídrico, dentro de la zona urbana de la ciudad de Latacunga.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La falta de un manejo integral de la cuenca del río Cutuchi ha causado que el manejo de los recursos y el control de contaminantes se vuelvan incontrolables. El manejo integral de cuencas permite facilitar la gestión de políticas y de recursos naturales con la integración de diversos actores (Torres B. et al., 2013).

La ciudad de Latacunga, no cuenta con un plan de gestión de la cuenca del río Cutuchi, esto a pesar de que en la Constitución del 2008, establece en su articulado sobre el recurso natural del agua, en el *“Titulo II, Capítulo Segundo, derechos del Buen Vivir, sección Primera, Agua y Alimentación.- Art 12.- El derecho Humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”* (CONSTITUCIONAL, 2008). Además en el artículo número 318 menciona *“La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias”*. Asimismo, con la creación de la Secretaría del Agua (SENAGUA) se brinda un soporte institucional a este modelo de gobernanza. Además el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización establece que las

competencias sobre el manejo del agua las tienen los GADs y las juntas de agua, para lo cual deben tener un plan de manejo que, pueda aplicarse en concordancia con cada uno de los niveles de gobierno y que puedan generar un beneficio colectivo.

La cuenca del río Cutuchi por ser uno de los principales afluentes para el canal de riego Latacunga, Salcedo, Panzaleo, Pelileo, es de vital importancia para el desarrollo de estas poblaciones además de ser un problema de calidad de agua para los cultivos de estas zonas que influyen en la salud pública, por lo que se vuelve en un problema no solo a nivel local sino a nivel de zonas provinciales.

Es por eso que es de suma importancia realizar un análisis de identificación de zonas contaminantes como un insumo para determinar el estado y la degradación de la cuenca del río Cutuchi, que ha sufrido por actividades antrópicas, permitiendo mostrar las condiciones en las que se encuentran esta cuenca, sensibilizando a los gobiernos seccionales y las comunidades de las consecuencias que pueden traer este tipo de actividades, además de conocer como la cuenca ha sufrido cambios en su calidad de agua por la falta de control dentro de la eliminación de desechos, tanto en las zonas rurales, así como en las zonas urbanas e industriales. Este estudio es importante, ya que la zona de estudio representa la parte urbana con un análisis de dos casas de salud un centro comercial y una fábrica de embutidos, que se ubican cerca de la frontera ribereña del río, con el fin de determinar acciones a tomar dependiendo de la calidad de agua en cada punto que presenta afectación a la calidad del agua.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Cutuchi en el sector La Estación cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi para mejorar la gestión del recurso hídrico de la zona verificando el cumplimiento con la normativa legal vigente.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las zonas de contaminación puntuales en la cuenca del río Cutuchi.
- Analizar muestras de agua para identificar las características físico-químicas de cada zona muestreada.
- Comparar los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio con los límites máximos permisibles establecidos en el TULAS libro VI Anexo 1 y otras fuentes de consulta sobre contaminantes emergentes.
- Establecer estrategias para mitigar los impactos producidos en las principales fuentes de contaminación de la cuenca del río Cutuchi.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **Contaminación de aguas de ríos**

Según Carvajal (2017), el agua es la sustancia que se encuentra de manera más difundida y abundantes en el planeta. Es parte integral de la mayoría de los seres vivientes tanto animales como vegetales y forma parte de la composición química de algunos minerales (Carvajal & Camilo, 2017).

El agua es el elemento fundamental para la vida, por lo que las actividades antrópicas se han desarrollado alrededor de ríos y lagos. En la naturaleza los lagos y ríos poseen una capacidad propia de asimilación y autodepuración para degradar una serie de compuestos e incorporarlos nuevamente a la cadena trófica, pero esta capacidad se ve limitada por las actividades antropogénicas, logrando rebasar esta propiedad (Ortiz M., 2010).

Las actividades antrópicas han generado que ríos y lagos sobrepasen su capacidad de auto depuración, lo que ha vuelto esto en un problema mundial. Causado porque las autoridades regionales, nacionales o zonales, no generan planes de manejo de cuencas para garantizar una producción sustentable y que también proteja el ambiente de fauna y flora (Fontalvo & Tamaris T., 2018).

La contaminación del agua se produce a través de la inoculación directa o indirecta en los cauces o acuíferos de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas, entre otras que pueden ser de tipo natural o antrópico. Esta contaminación es causante de daños a los organismos vivos del medio acuático y representa, además, un peligro para la salud de las personas afectaciones nutricionales y causantes de plagas en flora y fauna (Illanes C., 2016).

La concurrencia de las actividades antrópicas, han causado que los ríos sobrecarguen su capacidad de recuperación y hoy estos se encuentran contaminados, este tipo de contaminación según Frith (2011) se lo denomina como “la acción y/o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de ésta para usos posteriores, que incluyen uso humano y su función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físico – químicos y biológicos de forma que pueden producir dalo directo o indirecto a los seres humano y al medio ambiente”.

Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP por su siglas en inglés) de la ONU, a diario se produce 2 millones de toneladas de aguas contaminadas entre aguas residuales domésticas, aguas industriales y residuos agrícolas (UNESCO, 2019)

La ONU estima que la cantidad de agua residual producida anualmente es de aproximadamente 1.500 kilómetros cúbicos, es decir 6 veces más del agua que existe en todos los ríos del mundo (ONU del WWAP, 2010). La falta de saneamiento adecuado provoca la contaminación de los recursos hídricos en todo el mundo, por lo que es uno de las más significativas causas de la contaminación del agua.

En todo el mundo, 2.5 mil millones de personas viven sin saneamiento adecuado (UNICEF, 2019). En algunas regiones del mundo, más del 50% de especies de peces y el 70% de anfibios que depende del agua dulce, están en peligro de extinción (Vié et al., 2009). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, Food and Agriculture Organization), las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénicas.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tenso-activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, y los derribos urbanos.
- Sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

- Vertimiento de aguas servidas. La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar. Los desagües contienen excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos. Con el vertimiento de desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, etc.).
- Vertimiento de basuras y desmontes en las aguas. Es costumbre generalizada en el país el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, los ríos y los lagos, sin ningún cuidado y en forma absolutamente desordenada. Este problema se produce especialmente cerca de las ciudades e industrias. La basura contiene plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos, que o no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas (el fierro produce óxido de fierro), de impacto negativo.
- Vertimiento de productos químicos y desechos industriales. Consiste en la deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceites, ácidos, soda, aguas de formación o profundas, etc.) provenientes de las actividades industriales. (OMS, 2000).

Este tipo de contaminantes se pueden agruparen en dos grupos según el tipo de descargas a los ríos, que son (Campaña, A. et al., 2017):

- Fuentes Puntuales o fijas
- Fuentes no Puntuales o difusas

Las fuentes que se denominan puntuales, son aquella cuyos desechos son vertidos directamente a los cuerpos de agua y su el lugar de vertimiento es fácilmente identificable, porque se encuentra en un mismo lugar. Las fuentes que se denominan no puntuales, son generadas por diversas actividades antrópicas en la que los contaminantes producidos por estas y que se encuentran contenidos en sus descargas, no tienen un punto obvio de entrada en los cuerpos de agua receptora, a consecuencia de esto producen una dispersión en los contaminantes en diversos puntos o zonas de las cuencas, por lo que no es fácil identificar el foco principal de contaminación. Las dos fuentes de contaminación se sumaran al final para llegar a desembocar en ríos y mares en puntos de alta concentración (Hidalgo Ramírez & Osorio Muñoz, 2013).

Como anteriormente se mencionó, cada tipo de contaminación causa diferentes afectaciones y tienen maneras y formas especiales en los cuales los desechados

afectan considerable a la flora y fauna. Estas actividades antrópicas y sus causas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1** Tipos de contaminantes en cuerpos de agua

Tipo de Contaminación	Causas
Contaminación Industrial	Producida por los vertidos que las industrias emiten directamente a los ríos, así como expulsión de gases por chimeneas (gases particulados que reaccionan o se depositan con la lluvia al suelo y finalmente filtran hacia los acuíferos). Fuentes difusas de contaminación.
Contaminación Agrícola y Ganadera	Producida al momento de esparcir los herbicidas, pesticidas y fertilizantes los que por escurrimiento o infiltración llegan hasta cursos o masas de agua, tanto superficial como subterránea.
Contaminación urbana (Domestica)	Producida por las casas en las zonas urbanas, al descargar por los desagües o alcantarillado gran cantidad de residuos orgánicos como inorgánicos. Fuentes puntuales.
Contaminación Marina	Producida por el agua de mar elevando su contenido de salinidad. Sucede en épocas de sequía o por algún fenómeno físico donde los acuíferos reducen su caudal permitiendo el ingreso del mar en estos.

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

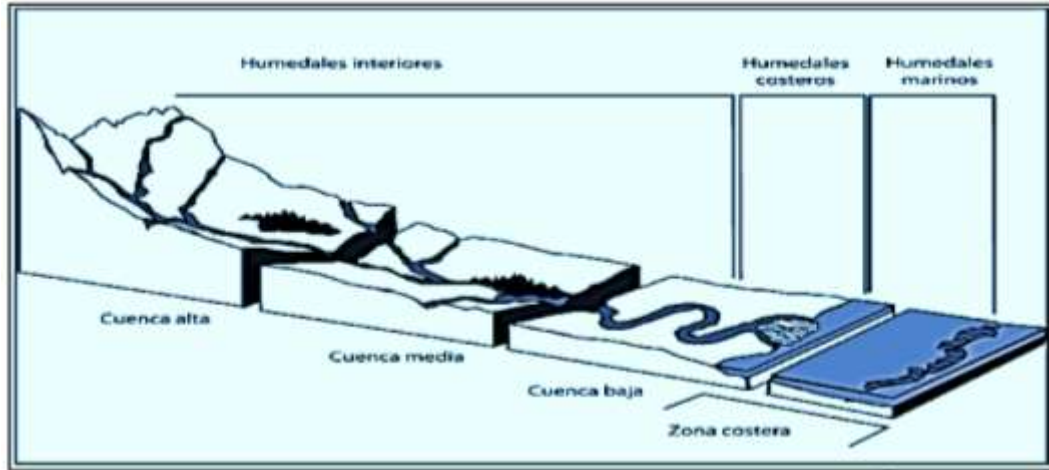
**Fuente:** Ortiz, 2010

### **Contaminación de ríos**

Los ríos son cuerpos de agua lóaticas (masas de aguas que se mueven en una sola dirección) de los cuales pueden poseer derivaciones hasta llegar a causas finales que desembocan en el mar (Campaña, A. et al., 2017).

En los cuerpos de agua que poseen un flujo continuo, se producen fenómenos geológicos como erosión, transporte, sedimentación que son comunes por el grado de pendiente, el caudal del río y su velocidad. Estos fenómenos se los puede diferenciar a lo largo de los ríos en tres tipos de zonas: Zona de curso alto, donde el agua circula a gran velocidad por descender de las montañas ocasionando un gran

poder de erosión; Zona curso medio, en el que el río transporta los materiales que han ido erosionando; Zona de curso bajo, donde se produce la sedimentación de residuos (Cervantes, 2007).



**Figura 1 Zonas presentes en el cauce de un río**  
**Elaborado por:** Cervantes, 2007  
**Fuente:** (Cervantes, 2007).

Por su naturaleza los sistemas acuáticos son la fuente de disolución de numerosas sustancias de acuerdo a su solubilidad. Por la geología de cada lugar existe una variedad de iones disueltos en las aguas superficiales. Algunos de estos iones depende de las condiciones geológicas para encontrarse en mayor medida que otros, algunos de estos iones que podemos hallar son  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , mientras que otro podemos encontrarlos en concentraciones traza, como es el caso de algunos metales pesados, que son utilizados por ciertos microorganismos y que son bio acumulados por algunas especies de plantas (Peluso, 2011).

La contaminación en ríos ha venido creciendo por las diferentes actividades antrópicas que se realizan a medida que la población aumenta, así como las afectaciones al medio por estas mismas acciones, el crecimiento de las zonas urbanas, la falta de control de las autoridades sanitarias sobre la adecuada eliminación de desechos industriales de comercios artesanales y eliminación de desechos urbanos. Esto causa la variación en la calidad de agua y en la composición de la misma, porque pueden sobre pasar las normas establecidas tanto para consumo como para la vida de flora y fauna. Un ejemplo de esto son los aumentos en las cantidades de metales pesados que pueden causar alteraciones en los organismos vivos en especial seres humanos y que son fácilmente bio acumulables (Peluso, 2011).



## **Aguas residuales**

Son aquellas aguas de composición variable, que poseen elementos de diferentes tipos de descargas, tanto urbanas como industriales, de tipo agrícola, pecuario, domestico, con fraccionamiento de sustancias y en general de cualquier otro uso, que haya sufrido una degradación en su calidad original (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, 2015).

Los tipos de descargas, vertidos e infiltraciones que son emitidos por todas las actividades antrópicas, que desembocan en ríos, lagos, litorales o estuarios, causan una variación en la composición de las características propias de cada cuerpo de agua, ocasionando que estas características excedan las concentraciones máximas permisibles por la autoridad ambiental, afectando la fauna, flora y destruyendo recursos biológicos que dependen de estos cuerpos de agua.

Adicionalmente las aguas residuales urbanas que contaminan los cuerpos de agua, exceden la capacidad de depuración de los ríos. Las aguas residuales urbanas, por lo general provocan una perturbación que se manifiesta en la disminución de oxígeno disuelto debido a la materia orgánica en exceso que se genera. Estas se generan dado a la eliminación de desechos humanos y animales, residuos domésticos, de restos vegetales, de aguas de lluvia, aguas de lavado y otros (Yáñez Q. & Vásquez R., 2015).

## **Tipos de contaminantes en ríos**

Las fuentes de contaminación de los ríos dependerán de las diferentes actividades antrópicas de cada población. Las poblaciones que poseen una mayor cantidad de zonas urbanas poseerán contaminantes como materia orgánica, detergentes, aceites, solidos suspendidos, sedimentos mineralizados, entre otros; si las actividades antrópicas están enfocadas a la producción entonces los tipos de contaminantes variaran dependiendo el tipo de industrias ubicadas en la zona de los cuerpos de agua.

En la Tabla 2 se describen algunos contaminantes de los cuerpos de agua y las consecuencias que causan dependiendo de las actividades antrópicas que se realizan en sus alrededores (Kraemer et al., 2001).

**Tabla 2 Contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua**

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FUENTES</b>
Contaminantes Orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo eutrofización	Industriales, domésticas, asentamientos humanos
Nutrientes	Primordialmente fosfatos y nitratos, su aumento en el agua induce a la eutrofización. Origen en desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Domésticas, industriales, escorrentía agrícola.
Metales pesados	Se originan alrededor de centros industriales y mineros. Proviene de actividades militares o de lixiviados	Industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares
Microbiológicos	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (E. coli, protistas, amebas, etc.)	Municipales
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas, hidrocarburos de petróleo, Hidrocarburos poli cíclicos. Compuestos Orgánicos Persistentes, como disruptores endocrinos, clanotoxinas, compuestos órgano estánicos.	Industriales asentamientos humanos, escorrentía agrícola.
Químicos traza y compuestos farmacéuticos	Desechos hospitalarios, sustancias peligrosas no removidas necesariamente por los tratamientos convencionales y han sido reconocidos como disruptores endocrinos y carcinogénicos.	Industria química y farmacia.
Partículas suspendidas	Orgánicas o inorgánicas que se originan de prácticas agrícolas y del cambio en el uso de la tierra, como deforestación conversión de pendientes en pastizales.	Industrias, asentamientos humanos, escorrentía agrícola y cambios en el uso de suelo.

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN	FUENTES
Salinización	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. O aguas con alta cantidad de minerales.	Suelos con alta salinidad, irrigación con agua salobre.
Acidificación	Situaciones con pH bajos del agua dados por la deposición sulfúrica por la actividad industrial y emisiones urbanas.	Industriales y fuentes municipales

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** Kreamer *et al*, 2001

### **Contaminación en ríos de Ecuador, causas y efectos**

Ecuador es un país localizado en la parte noreste de América del Sur, tiene una extensión territorial de 256.370 Km<sup>2</sup>, de la cuales 8 006 Km<sup>2</sup> corresponden al archipiélago de Colon o Galápagos; mismo que está ubicado a unos 1000 km del territorio continental. La conformación del sistema hidrográfico en el Ecuador está determinada por la localización de la Cordillera de los Andes. Se conoce que el país posee 31 sistemas hidrográficos que se dividen en 79 cuencas hidrográficas las mismas que se subdividen en 137 cuencas y subcuencas (SENAGUA, 2009).

Estas cuencas se han visto afectadas por la contaminación y han mostrado un deterioro evidente en la gran mayoría de sistemas del país “en general afectados por altos grados de deforestación y destrucción de la cubierta vegetal, por intensos procesos erosivos, por la elevación en los índices de contaminación del agua y del suelo, por la destrucción masiva de sistemas ecológicos enteros y en general por una sobre explotación de los recursos” (Da Ros, 1995). De esta manera es que los principales ríos del Ecuador se encuentran contaminados básicamente por causas antropogénicas. Esto es confirmado por el programa de comunicación del Fondo para la Protección del Agua, (FONAG, 2011).

En el Ecuador según Hidalgo, 2015 la contaminación es provocada por fenómenos físicos, químicos y bacteriológicos, que sobre todo se resaltan por las actividades de extracción petrolera en la Amazonia, evacuación de desechos domésticos e industriales en ciudades, funcionamiento de centrales hidroeléctricas y represas que desvían el cauce normal de ríos. Otras causas se vinculan con actividades agrícolas, por el uso y abuso de agroquímicos (García, 2008), erosión del suelo a causa de la deforestación para el aumento de zonas residenciales, donde el uso del suelo está destinado a otras actividades.

Durante el foro de Recursos Hídricos de Pichincha, García en el 2008, sostiene que en el Ecuador solo 5 de cada 100 litros de agua servida son tratados antes de ser

arrojados a los ríos, pese s que las leyes prohíben arrojar aguas contaminadas. Estos se pudo evidenciar con las cifras expuestas donde el autor menciona que existen 218 municipios, y de ellos solo tres depuran sus aguas antes de descargarlas a los ríos (García, 2008).

Según estudios realizados por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) en el 2008, los usos del agua en el Ecuador corresponde a diversos tipos de actividades antrópicas como la industria entre las que destacan las industrias químicas, petroquímicas, refinerías de petróleo, explotaciones mineras, metalúrgicas, textiles, curtiembre, fábricas de alimentos, alcohol, papel y celulosa (FAO et al., 2010).

Si la bien el volumen y tipos de contaminantes no se tiene registro, estudios realizados por Hidalgo en el 2015, informo sobre el estado del medio ambiente donde manifestaba que los principales ríos del país se presentan algún tipo de contaminación, entre ellos los ríos con un índice de contaminación alto se encuentran el río Machángara, Monjas en Quito; el río Cutuchi en Latacunga, el río Ambato en Ambato, los ríos Machángara y Tomebamba en Cuenca, la mayor parte de los ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, los ríos Teaone y Esmeraldas, el río Guayas, el río Bucay de Azogues y los ríos del Oriente (Napo, Coca, Aguarico, Cuyabeno). Estos ríos se ven afectados por los desechos emitidos por las industrias causando una degeneración en la calidad de agua, pérdida de diversidad de especies de flora y fauna y contaminación de los suelos (Hidalgo Ramírez & Osorio Muñoz, 2013).

La minería es otra causa muy importante que provoca contaminación de los ríos y utiliza grandes cantidades de agua para sus procesos productivos, que son devueltos a sus cauces sin ningún tratamiento, por lo que se puede encontrar sustancias químicas y metales pesados. Así mismo las industrias textiles y del cuero en las ciudades de Ambato y Latacunga, descargan sus aguas directamente sobre los afluentes de sus ríos principales, con altos niveles de cromo que según Campaña en el 2017 eran diez veces mayor a lo establecido en la norma.(Campaña, A. et al., 2017)

### **Impactos a causa de la contaminación Hídrica**

Los impactos que causan la contaminación de ríos se pueden observar tanto en componentes bióticos como abióticos, es por eso que para entender la contaminación hídrica tenemos que comprender cuáles son estos impactos y como suceden.

## Eutrofización

Es el proceso por el cual cantidades nocivas de nutrientes se acumulan en los cursos de agua, en mayor cantidad nitrógeno y fosforo procedentes de fertilizantes agrícolas, aguas residuales domésticas y sedimentos de cuencas erosionadas, facilitando el crecimiento de planta autótrofas que bloquean la mayor cantidad de sol y la cantidad de algas, además, generan temperaturas elevadas dentro del agua, reduciendo la calidad de agua y la cantidad de peses y animales (Bureau Veritas, 2008). Es un grado bajo de contaminación en el cual el ecosistemas hídrico pierde su capacidad para auto depurarse y como consecuencia necesita la intervención del hombre para recuperase.

## Contaminación de suelo

Otro de los grandes consumidores de recursos hídricos es la agricultura (utiliza el 70% en promedio de los recursos hídricos mundial) y con frecuencia utiliza aguas servidas no tratadas para el riego. Puesto que la mayorías de estas zonas no cuentan con un sistema de tratamientos de aguas servidas, estas representan un riesgo para la salud (FAO, 1993).

## Propagación de Vectores y enfermedades

Una de las causas de enfermedades de las personas se debe muy probablemente, a la contaminación de las agua. Los problemas de salud por contaminación de recursos hídricos generan millos de muertes cada año, siendo las más comunes la tifoidea, paratifoidea, las disenterías, cólera, esquistosomiasis y la hepatitis infecciosa (Campaña, A. et al., 2017).

En Ecuador, la diarrea y la gastroenteritis de origen infeccioso son la cuarta causa más común de morbilidad, que representa un 14% del total del total según datos estadísticos arrojados por el INEC en su estudio realizado en el 2013. En la Tabla3 podemos observar la cantidad de personas fallecidas anualmente por enfermedades asociadas al agua según el género, ciudad y región.

**Tabla 3 Mortalidad por enfermedades asociadas a la contaminación hídrica**

ENFERMEDAD	NÚMERO
Infecciones por Salmonella	2
Infecciones intestinales bacterianas	15
Intoxicaciones intestinales bacterianas	2
Infecciones Intestinales debidas a virus y otros	1
Diarrea y gastroenteritis	141
Shigelosis	1
Amebiasis	1
Hepatitis Aguda Tipo A	1
<b>TOTAL</b>	<b>173</b>

POR SEXO		POR REGIÓN	POR CIUDAD PRINCIPAL
Hombres/ Mujeres		Amzonia/ Costa/Sierra	Ambato/Cuenca/Guayquil/Machala/Quito
82.00/91.00		14,00/55,00/104,00	5,00/11,00/9,00/1,00/17,00
<b>TOTAL</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>43</b>

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** INEC, 2013

### **Pérdida de biodiversidad**

Según el SUIA (Sistema Único de Información Ambiental), define a la biodiversidad como “conjunto de patrones naturales de los seres vivos que han sido el resultado de la evolución genética de las especies, por lo tanto, la biodiversidad está compuesta por las diferencias genéticas de cada especie y de cada ecosistema”(SUIA, 2017). Las amenazas a las que están expuestas la biodiversidad de las aguas dulces, se definen según Martín (2015) como la sobre explotación, la contaminación, las modificaciones en flujos y caudales, la destrucción o degradación de hábitats y la invasión de especie exóticas (Martín Ortega. et al., 2015).

**Variable Dependiente:** Parámetros físicos, químicos y microbiológicos, Cuenca del río Cutuchi sector la Estación, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

### **Situación actual de río Cutuchi**

#### **Ubicación**

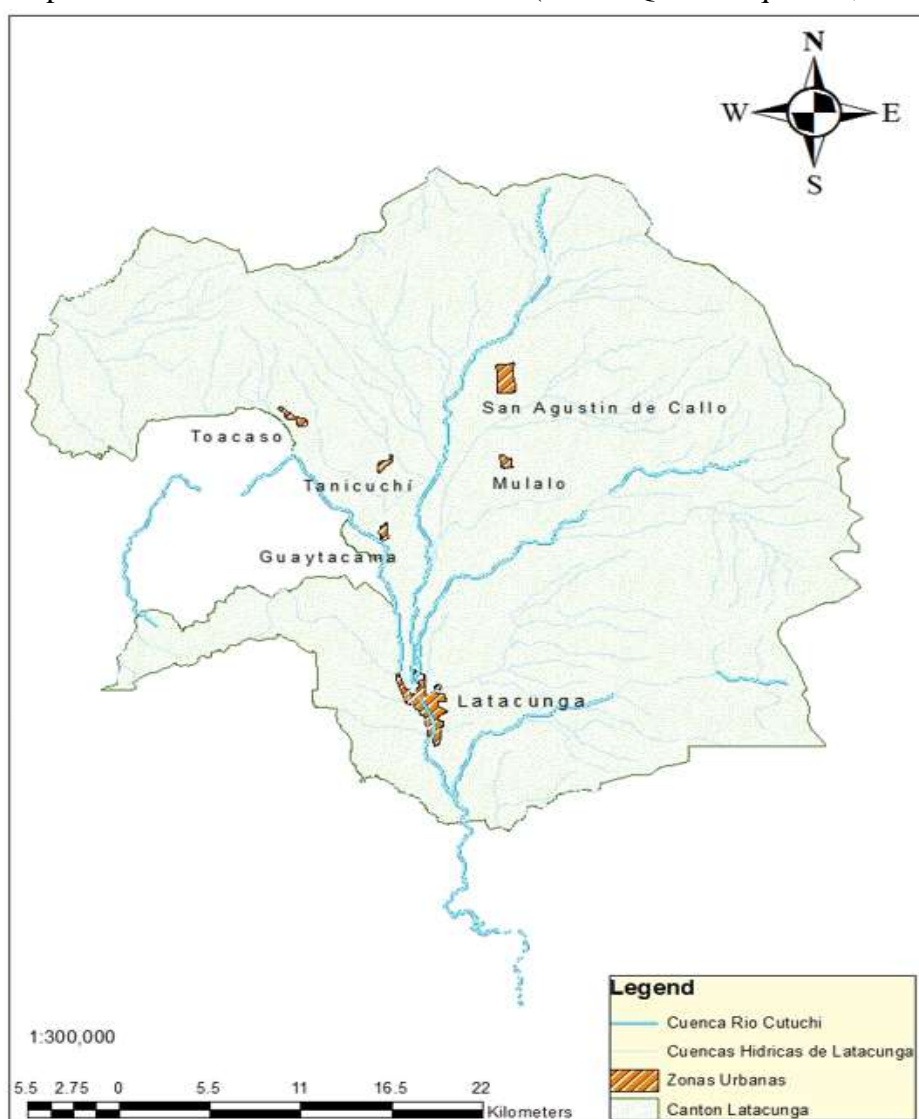
El río Cutuchi se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi – Ecuador, según la clasificación de cuencas hidrográficas por el método Pfafstetter pertenece a la cuenca alta del Pastaza (Lema C. & Plaza Q., 2009), recorre los cantones de Saquisilí, Latacunga y Salcedo, sus aguas nacen desde los deshielos del volcán Cotopaxi y de sus paramos, recorre de norte a sur, atravesando centros poblados e industrias. Al terminar su recorrido por la provincia de Cotopaxi continúa y se convierte en el río Patate hasta desembocar en el río Ambato. El área de superficie que recorre, abarca unos 2.676,5 Km<sup>2</sup> y genera cerca de 1.000 millones de metros cúbicos por año (Gutierrez A., 2010).

#### **Composición de la cuenca del Río Cutuchi**

Según Estudios realizados por Centro Ecuatoriano para los Servicios de Agricultura, en conjunto con CODERECH, el Consejo Nacional de recursos Hídricos y el Ministerio de Agricultura y Ganadería, sobre el proyecto “Manejo y conservación de la cuenca alta del Río Pastaza”. Establece que la cuenca posee una superficie aproximada de 8257 Km<sup>2</sup>. De esta superficie 2713 Km<sup>2</sup> corresponde a la subcuenca del río Cutuchi, 1930 Km<sup>2</sup> a la subcuenca de los ríos Ambato con el río

Patate y 3614 Km<sup>2</sup> a la subcuenca del río Chambo. Alrededor del área se ubican cerca de 850.000 habitantes, de los cuales el 68% se encuentra en el sector rural que se dedica esencialmente a la agricultura (CODERECH et al., 2003).

Por sus condiciones geográficas de cercanía al volcán Cotopaxi, las corrientes del río Cutuchi son de temperaturas bajas, una baja cantidad de precipitaciones (700 mm/anuales) y fuertes vientos, han creado una zona semiárida, con vegetación resiliente a estas condiciones y suelos con cangaguas propias de la sierra central. Así mismo se presentan heladas que pueden oscilar entre 1.200 mm en la cordillera occidental y hasta 1.800 mm de precipitación anual en la cordillera oriental. Con temperaturas que oscilan entre 7°C y 15°C, con temperaturas promedio de 12°C y con temperaturas extremas tanto de 0 a 22° C (Yáñez Q. & Vásquez R., 2015).



**Figura 2** Mapa de la cuenca hídrica del río Cutuchi - Latacunga

**Fuente:** GAD Latacunga

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

La cuenca nace a una altura de 5.897 msnm donde se ubican las cumbres del volcán Cotopaxi hasta los 2.400 msnm, donde confluyen los ríos Cutuchi y Ambato, con una pendiente media de 8.8%. las precipitaciones medias anual es de 662 mm, con una evo transpiración potencial anual de 646 mm y el volumen medio de 557 Hm<sup>3</sup>/año (CODERECH et al., 2003).

### **Principales problemas del río Cutuchi**

Según el boletín de la revista Paramo (2005), se describe como las aguas del río Cutuchi se encuentran contaminadas por fuentes naturales y por fuentes antrópicas (Ortiz et al., 2005). Las principales fuentes de contaminación natural, se encuentran dadas por las condiciones geológicas propias del sitio por donde circula el río, la manifestación de sales de una alta alcalinidad y dureza del agua, debido al contacto con las formaciones volcánicas de la región. El Boro se encuentra presente a lo largo del río Cutuchi, pero su concentración aumenta al unirse con el río Pumancuchi. Estas características de las aguas son un limitante para las actividades agropecuarias de la zona. Que son utilizadas por las poblaciones agrícolas para el regadío de campos, en cosechas de cultivos de ciclo corto, y en fincas ganaderas para el consumo. Lo que provoca que los agricultores y ganaderos busquen nuevas fuentes de agua que causan disputas por fuentes de agua (Gutierrez A., 2010).

La contaminación por fuentes antrópicas se manifiesta de diferentes maneras, una por la alta concentración de grasas y aceites a lo largo de todo el río, de mara especial en el tramo que atraviesa la zona urbana de Latacunga, esto según Hidalgo, (2013) se debe por el vertimiento de casi 30.000m<sup>3</sup> de aguas servidas sin tratamientos previos a su vertimiento en los causes de los ríos Cunuyacu, Yanayacu, Pumancuchi y al Propio Cutuchi. Además se estima que 18 Ton/día son lanzados a las orillas de los ríos antes mencionados (Ortiz et al., 2005).

Otra de las consecuencias de la utilización de las aguas del Río Cutuchi es uso para el riego en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua afectando así la calidad de casi 17.000 agricultores que producen alrededor de 26.000 hectáreas de productos agrícolas y ganaderos, que disminuyen su calidad y características nutricionales, sanitarias para luego ser distribuidas en los mercados de la sierra Centro (Gutierrez A., 2010).

En la actualidad se han ubicado nuevos puntos importantes de contaminación que presenta nuevos desafíos en el control de la calidad de agua para las autoridades. La ubicación de un moderno centro comercial, justo en una de las entradas a la ciudad de Latacunga en su ingreso norte y que se encuentra ubicado a un lado de la carretera panamericana, donde la generación de desechos por el volumen de



personas y empresas que se funcionan dentro ella ha causado que los contaminantes se diversifique y aumente el grado de degeneración de la calidad del agua.

Adicionalmente, la repotenciación del Hospital General de Latacunga en el año 2014, ha causado que dentro de la ciudad se encuentre dos hospitales de segundo nivel, en la zona urbana de la ciudad de Latacunga. Esto con lleva que el tipo de contaminantes no sean solo los que se encuentran dentro de la norma, sino que existan lo que hoy se denomina contaminantes emergentes y que no se encuentran cuantificados por la ley, para tener estándares de calidad de agua, se determinó que el grado de contaminación existentes en el agua del canal y que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el TULAS (Diario La Hora, 2010).

### Estudios Realizados sobre la cuenca del Río Cutuchi

**Tabla 4 Resumen de estudios realizados en la cuenca del Río Cutuchi**

<b>ESTUDIO</b>	<b>AUTORES/ FECHA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Fuentes de contaminación Natural del Río Cutuchi	Ortiz et al.,2005	Contaminación por fuentes naturales en la cuenca del río Cutuchi por condiciones geológicas, contaminación con cantidades altas de Boro. Se obtuvieron valores altos de boro en los efluentes.
Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (CR) y cadmio (CD) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara	Hidalgo et al., 2013	Los metales pesados fuentes de contaminación originadas por las actividades industriales del hombre, afortunadamente algunos organismos vivos, dada su adaptabilidad en el entorno, pueden constituirse como alternativas de remediación para estos contaminantes, Fueron aisladas un total de 63 taxas de mohos, de las cuales se seleccionaron ocho, considerando su crecimiento en placa con medio sólido modificado con 45 ppm de Cr y Cd.

Análisis de la calidad de agua del Río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos	Huertas et al .,2014	Determinar la calidad del agua del Río Cutuchi a través del análisis de variables físico-químicas y de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. A lo largo del río se montó tres estaciones de muestreo, estas estaciones fueron seleccionadas de acuerdo a su influencia con este cuerpo de agua, se recolectaron las muestras en dos diferentes estaciones del año invierno y verano. Se recolectaron las muestras de macroinvertebrados y muestras de agua para analizar los principales parámetros, los cuales fueron comparados con el Tulsma, el cual nos dio como resultado que el agua se encuentra en buen estado.
<b>ESTUDIO</b>	<b>AUTORES/ FECHA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Estudio de impacto ambiental ex-post de manejo ambiental para el hospital básico Latacunga	Aguilar et al., 2015	Estudio de impacto ambiental que causa el hospital Básico Latacunga IESS sobre los posibles impactos ambientales causados por la implementación del Hospital en la zona.
Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector Santa Lucia, período 2014	Illanes et al., 2016	Determinar el grado de contaminación que se encuentran en el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en el tramo que atraviesa Sector Santa Lucia. En cuanto al color, turbidez, dureza total, cloruros, sodio, cromo VI, y boro no sobrepasan estos límites, por lo tanto no existe variación en el agua del canal de riego
La aplicación de las normas ambientales y la contaminación del Río Cutuchi en la ciudad de Latacunga, en el período enero 2015 a octubre 2016	Garay et al., 2018	Análisis sobre la contaminación ambiental, específicamente sobre la contaminación del río Cutuchi en la ciudad de Latacunga, producido por las agroindustrias y el manejo inadecuado que le dan a los desechos producidos. Identifico los nudos críticos que inciden en la contaminación del río Cutuchi, a través del análisis realizar recomendaciones y conclusiones.

Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de Pastocalle para su dimensionamiento	Andrade et al., 2021	Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Juan de Pastocalle ubicada en la provincia de Cotopaxi. Brindar una alternativa sustentable para las plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentran en la zona central de la parroquia nombrada. El tratamiento está compuesto por dos partes, un sistema de cribado que está conectado como uno de pretratamiento que a su vez está conectado a la segunda parte, que es un sistema de lodos que consta de una laguna anaeróbica facultativa laguna y dos estanques de maduración. Se observó una notable reducción del DBO5.
--	----------------------	--

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

### **Normativa legal vigente**

El Ecuador cuenta con normativas referentes a la gestión y uso del recurso hídrico que son aplicables para el caso de la subcuenca del río Cutuchi, los cuales están desagregados desde la constitución política del estado, hasta normativa del gobierno seccional del cantón Latacunga.

### **Constitución del Ecuador**

La Constitución del Ecuador, reformada por la Asamblea Constituyente de Montecristi en el año 2008, dentro de las normas para garantizar el manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos Hídricos establece:

En el Art. 12 *“el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”*, en el Art 15 a demás indica que el Estado *“promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto (...). La soberanía energética no se alcanzara en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectara en derecho al agua”*.

Además según el Art. 318, se declara al agua como patrimonio nacional estratégico, esencial de los seres humanos, prohibiéndose toda forma de privatización.

Según el Art. 264, las competencias sobre servicios públicos de agua, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley son de competencia de los gobiernos municipales.

Dentro de los artículos que regulan las actividades que puedan afectar a la calidad y cantidad de agua en el Art. 411 se establece que *“El Estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y canales ecológicos asociados al ciclo hidrológico”* en especial las zonas de equilibrio ecosistémico y de fuentes de recarga de aguas.

### **Ley de aguas**

Tiene como objetivo garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación y restauración, de los recursos hídricos a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir, como se establece en los Art. 6, donde se prohíbe toda forma de privatización del agua. Y como se establece en el Art. 22 se prohíbe toda contaminación de las aguas que afecta a la salud humana o al desarrollo de la flora y de la fauna.

### **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA**

En el libro VI, anexo 1 “Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso Agua” se establecen los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado, los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos, métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua. Con el objetivo de proteger la calidad del recurso hídrico y garantizar la integridad y bienestar de las personas y el ambiente.

### **Ley de gestión ambiental**

Establece las directrices para coordinar la política ambiental y en este ámbito se determina que los organismos competentes que deben generar sistemas de control y verificación para el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, referente al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes, estimando a través de estudios de impacto ambiental, los efectos y sobre la población, la biodiversidad, el paisaje, la estructura y función de los ecosistemas.

### **Ordenanza para la descontaminación y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga**

La ordenanza establece como puntos de principal la descontaminación y protección de los ríos. Cutuchi, Pumancuchi, Cunuyacu, Yanayacu y sus afluentes en el cantón Latacunga. Direccionado a los sectores industriales, agroindustriales, agropecuario, forestal, minero, metalúrgico, papeler, lácteo, florícola, brocolero y de servicios (lubricadoras, lubriaautos, mecánica, imprentas gráficas, gasolineras y otros); con el fin de implementar plantas de tratamientos de aguas a todos estos sectores, con la finalidad de mejorar la calidad de agua y proteger los recursos hídricos para el bien colectivo (GAD Municipal de Latacunga, 2014).

### La calidad del agua

Según Diersing, (2009) la calidad de agua hace referencia a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua, medidas para realizar una comparación en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana destinada para un propósito. (Diersing Nancy, 2009)

La evaluación de la calidad del agua es un estudio que se enfoca en varios tipos de estudios tanto físicos, químicos y biológicos de los recursos hídricos y los efectos que causan en la salud de las personas (FAO, 1993). La evaluación de la calidad del agua, es además utilizada para la descripción del medio hídrico desde el enfoque de la caracterización ambiental para una planificación y gestión de los recursos (CEPAL, 2012).

La calidad del agua en el Ecuador, tiene una alta relevancia y por ello se establece los parámetros sobre la calidad de agua y para las áreas de estudio, el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, establece los criterios de calidad de aguas donde establecen los límites de descargas a un cuerpo de agua, de aguas residuales que se establecen en la Tabla 5.

**Tabla 5 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	NMP/100ml	10000
Potencial de hidrógeno	pH	5 - 9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO <sub>5</sub> )	mg/l	100
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	mg/l	10
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	10
Temperatura	pc	< 35
Turbidez	UTN	< 20
Solidos Totales Disueltos (STD)	mg/l	1600
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	< 3

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** (TULSMA, 2015)

## Calidad del agua según indicadores físico-químicos





Los parámetros físico químicos, son las expresiones simples o compuestas entre uno o varios parámetros que sirven como medida de la calidad del agua. Se lo puede representar en función de números, descripción verbal, rangos, símbolos o color. (Ramírez et al., 2005)

El análisis de aguas, mediante indicadores de calidad presenta varias ventajas, ya que proporcionan la información que se puede interpretar fácilmente en comparación con los valores numéricos de cada parámetro establecido en la norma de calidad. Al transformar información compleja en entendible permite que los usuarios puedan conocer de manera rápida y entendible el grado de contaminación del recurso hídrico medido. (Behar G et al., 2011)

### Estimación del Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI)

El índice de estado trófico o por sus siglas en inglés Trophic State Index, TSI, se estandariza en una escala de cuatro niveles que van de 0 a 100 y que se los agrupa según Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Hipereutrófico como se presenta en la tabla 6.

Tabla 6 Nivel trófico según el TSI

Nivel Trófico	TSI	Color representativo
Oligotrófico	0 – 30	
Mesotrófico	31 – 60	
Eutrófico	61- 90	
Hipereutrófico	>90	

Elaborado por: Carlos Guanotásig, 2020

Fuente: Carlson (1977)

Para la determinación del TSI o índice trófico de los recursos hídricos y se obtiene a partir de la medición de fósforo total del agua. La fórmula para calcular el TSI ha sido modificada por Aizaki en 1981 a la propuesta de Carlson. (Aizaki et al., 1981)

$$TSI (Fósforo Total) = 10X \left( 6 + \frac{0,42 - 0.36LNPT}{\ln 2} \right) - 20$$

Dónde: PT= Concentración de fósforo total en Mg/L

### Índice de Calidad del Agua (ICA)

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que aplica datos de los parámetros físicos, químicos en una ecuación matemática para determinar la calidad de un cuerpo hídrico, sea este superficial o subterráneo durante un período determinado de tiempo (Yogendra & Pathak, 2009).

En la actualidad para medir el estado y la calidad de un cuerpo hídrico subterráneo o superficial se realiza un análisis de todos los índices que se encuentran establecidos en la norma. El uso de un Índice de Calidad de Agua, ayuda a tener una descripción general y entendible a cualquier nivel, del estado de la calidad del cuerpo hídrico, que combina un índice matemáticamente con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Behar G et al., 2011).

Uno de los primeros índices de calidad de agua fue la que desarrollo la Fundación de Sanidad Nacional de Estados Unidos (NSF), quien necesitaba realizar análisis de calidad de agua en varios ríos en diversos lugares de ese país, que diseño un índice están llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como Índice de Calidad de Agua (ICA), posteriormente Brown propuso una versión que modificaba el WQI (Dawood, 2010). Esta metodología consiste en tomar en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7 Estándar de valores asignados a cada variable según ICA-NSF**

Parámetros	Valores relativos
Coliformes fecales (CF)	0.15
Potencial de hidrógeno (pH)	0.12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	0.10
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	0.10
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0.10
Cambio de Temperatura	0.10
Turbidez	0.08
Solidos Totales Disueltos (STD)	0.08
Oxígeno disuelto (OD)	0.17

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** (Quintero et al., 2013)

Utilizando los estándares para el análisis de calidad de agua, los valores resultantes de estos nos van a poder mostrar el grado y la calidad del cuerpo hídrico, que se los denoto en 5 niveles que se muestran según la ponderación del ICA en la tabla 8. (Quiroz F. et al., 2017).

**Tabla 8 Asignación calidad de agua para cada variable según valor ICA**

Valor ICA	Calidad del Agua	Significado
91 – 100	Excelente	Recurso Hídrico en estado natural, Agua de muy buena calidad
71 – 90	Buena	Recurso Hídrico levemente contaminado, Agua de buena calidad
51 – 70	Regular	Recurso Hídrico regularmente contaminado, Agua regularmente contaminada
26 – 50	Mala	Recurso Hídrico contaminado, Agua altamente contaminada
0 – 25	Muy Mala	Recurso Hídrico muerto. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** (Gualdrón Duran, 2016)

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **Paradigma y tipo de investigación**

El presente proyecto de titulación es cuantitativo ya que se recolectaron y analizaron datos físicos, químicos y microbiológicos, obtenidos durante el proceso de muestreo. Los resultados del análisis serán comparados con los parámetros establecidos en la norma legal vigente y con los índices de calidad de agua establecidos para dar una situación actual de la calidad del agua y mejorar las estrategias de manejo.

La presente investigación tiene las siguientes modalidades:

#### **Bibliográfica- documental.-**

La información bibliográfica obtenida ayudo a identificar la normativa aplicable a lo largo del tiempo para mejorar el manejo de la cuenca, además de obtener información sobre estudios de calidad de agua realizados en el sector o zonas cercanas y aledañas. Se realizó especial énfasis en la búsqueda de estudios previos que nos puedan dar una visión del estado de la cuenca del río Cutuchi sobre la calidad de agua y que han podido identificar posible identificación de posibles causas y fuentes de contaminación de la cuenca.

#### **De Campo.-**

La investigación en campo fue de vital importancia, ya que la toma de muestras estuvo directamente relacionado con el análisis que se realizó sobre la calidad y los contaminantes, que se encontraron en cada punto de muestreo del cauce del río.

La toma de muestras se lo realizó de acuerdo con las normas establecidas por Agro Calidad con el instructivo INT/SFA/12(AGROCALIDAD, 2015), con los procedimientos de toma y conservación de muestras de aguas para su posterior análisis.

#### **Nivel o tipo de investigación**

Los tipos de investigación del proyecto de titulación son:

**Asociación de variables.-** se realizó una relación entre las variables dependientes e independientes para determinar su correspondencia.



**Explicativo.-** explica la calidad del agua según los valores obtenidos y comparados con los índices de calidad, para conocer el estado y poder definir causas para mejorar el manejo de la cuenca.

## **Procedimiento para la búsqueda y procesamiento de los datos**

### **Población y muestra**

La población del estudio, se la delimitó a los efluentes que se encuentran en la Cuenca alta del Pastaza. Dentro de esta población nuestra muestra se definió al río Cutuchi como zona de estudio, específicamente el sector de La Estación, en el cantón Latacunga. Los sitios para los puntos de estudio se lo realizó en función del sector y de los lugares que presentan una descarga directa hacia el río Cutuchi en el sector la estación. Además se consideró un muestreo no probabilístico intencional, con criterios técnicos de accesibilidad, tamaño, disponibilidad de datos y grado de interés. En la tabla 9 podemos apreciar los ríos pertenecientes a la cuenca del Pastaza y la Subcuenca a la que pertenece el río Cutuchi.

**Tabla 9 Ríos del sistema hidrográfico de la cuenca del Pastaza**

<b>SISTEMA HIDROGRAFICO</b>	<b>CUENCA HIDROGRAFICA</b>	<b>SUBCUENCAS HIDROGRAFICAS</b>
PASTAZA	Río Pastaza	Río Patate Río Chambo Río Llushin Río Palora Río Chiguaza Río Copataza Río Capahuari Río Ishpingo Río Bobonaza Río Huasaga

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

**Fuente:** Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2005(CNRH, 2015)

Como se puede observar en la Figura 3 se muestra la cuenca del Pastaza con las cuencas y las subcuencas.



**Figura 3** Mapa de la cuenca del Pastaza

**Fuente:** Fundación Natura 2005

**Elaborado por:** INFOPLAN 2004

**Operacionalización de la Variable Independiente: Mejora de la calidad de agua del río Cutuchi, mediante la implementación de un plan de manejo de cuenca.**

**Tabla 10 Operacionalización de la variable independiente**

<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Técnicas e Instrumentos</b>
Mejorar la calidad de agua del río Cutuchi, con la elaboración de un plan de manejo de la cuenca, determinando las fuentes puntuales de contaminación en el sector de la Estación, para asegurar el uso de sus efluentes por parte de la población que depende de esta.	Calidad del agua	El Índice de Calidad del Agua mostrara el estado actual de la cuenca. (Parámetros fisicoquímicos)	¿Cómo influye la implementación de estrategias de manejo de la cuenca hídrica en la mejora de la calidad del agua?	<b>Experimentación:</b> Información bibliográfica del sitio. Análisis de laboratorio de los puntos de muestreo. Comparación con los parámetros establecidos según norma.

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2020

## Operacionalización de la Variable Dependiente: Parámetros de calidad de agua de la cuenca del río Cutuchi

Tabla 11 Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Conocer la variación de los parámetros fisicoquímicos estableciendo los niveles de contaminación y calidad de agua en la cuenca del río Cutuchi	Caracterización	Índice de Calidad de Agua (ICA)	¿Se ha calculado este índice para medir la calidad del río Cutuchi?	<b>Experimentación:</b> Toma de muestras Análisis de laboratorio Calculo de los índices definidos
	Medición	<p><b>Parámetros físicos:</b> turbidez, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica.</p> <p><b>Parámetros químicos:</b> pH, OD, DBO, nitratos, fosfatos, Fosforo tota.</p> <p><b>Parámetros Microbiológicos:</b> coliformes fecales.</p>	<p>¿Existen datos previos sobre los parámetros fisicoquímicos de la zona evaluada?</p> <p>¿Cuál es el procedimiento empleado en la toma de muestras?</p>	<p><b>Experimentación:</b> Toma de muestras</p> <p>Análisis de laboratorio</p>

Elaborado por: Carlos Guanotásig, 2021

## Procedimiento de recolección de la información

El procedimiento que se llevó a cabo para la determinación de los sitios de estudio y la recolección, de los analitos, se determinó mediante la aplicación del cuadro básico de preguntas, que se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12 Preguntas básicas para la recolección de la información**

<b>Preguntas básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Para qué realizar la presente investigación?	Evaluar las fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Cutuchi para determinar la calidad de agua que se descarga al efluente.
¿De qué objetos?	Fuentes puntuales de contaminación que presenten un alto grado de incidencia por su ubicación y su tipo de actividad que se realiza en sitios seleccionados.
¿Sobre qué aspectos?	La utilización de Indicadores de Calidad de Agua de acuerdo a estándares.
¿Quién?	El autor
¿Cuándo?	Época Lluviosa
¿Dónde?	Cuenca del río Cutuchi en el sector La Estación cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi
¿Cuántas veces?	Un monitoreo en casa sitio de estudio
¿Qué técnicas de recolección?	Monitoreo in situ y de laboratorio
¿Con qué?	Equipos de monitoreo de campo e instrumental de laboratorio.

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

## Métodos, técnicas e instrumentos

Para el estudio de impacto ambiental se ubicó cuatro sitios puntuales dentro de la cuenca del Río Cutuchi, que realizan sus descargas de aguas directamente hacia el efluente, en el barrio La Estación, estos sitios han sido ubicados por su actividad y su tratamiento previo de aguas, que poseen para sus descargas y poder ser comparados sus parámetros físico químicos, con los resultados obtenidos aguas arriba, como control blanco y aguas abajo como control pos tratamiento.(Quiroz F. et al., 2017). Se comprobó los parámetros fisicoquímicos de los cuatro puntos analizados y se los compara con el control tomado aguas arriba como blanco.

**Tabla 13 Zonas de estudio para toma de muestras**

<b>Población</b>	<b>Muestra</b>	<b>Sector</b>	<b>Sitio de Estudio</b>	<b>Tipo de Análisis</b>	<b>Variables</b>
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	La Estación	Materia Plaza	Comparativo	Comparación de puntos control/ICA
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	La Estación	Hospital Provincial Latacunga MSP	Comparativo	Comparación de puntos control/ICA
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	La Estación	Hospital Básico Latacunga IEISS	Comparativo	Comparación de puntos control/ICA
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	La Estación	Planta de alimentos Don Diego	Comparativo	Comparación de puntos control/ICA
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	Pastocalle	Pastocalle	Control Negativo	Punto control/ICA
Cuenca del Pastaza	Río Cutuchi	El Niagara	Barrio El Niagara	Control Positivo	Punto control/ICA

Elaborado por: Carlos Guanotásig, 2021

## **Técnicas e instrumentos**

### **Toma de muestras in situ parámetros físicos químicos**

El análisis de los parámetros físico químicos de los realizó de dos maneras in situ y otros en laboratorio.

Para los parámetros in situ se realizó la toma de las muestras según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98; y según el instructivo INT/SFA/12 para toma de muestras, elaborado por la Agencia de Regulación y Control de la Calidad del Agro. (AGROCALIDAD, 2015).

### **Recolección de la información**

#### **Procedimiento de Recolección de la Información y análisis de parámetros físico químicos in situ**

- Con ayuda del geoposicionador (GPS) se determinó los sitios exactos de vertimiento y se los registro en la guía para muestreo.

- Se procedió a realizar las medidas de los parámetros de campo (temperatura, pH, conductividad eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, Oxígeno Disuelto).
- Para la medición de los parámetros de pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, se los realizó con el equipo Multiparámetro de bolsillo HANNA HI 98129, de acuerdo a las indicaciones del fabricante se sumergió la sonda del multiparámetro limpio en la muestra.
- Los resultados de los datos de pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales se registran en la hoja de campo.
- Para realizar la medición del Oxígeno Disuelto se lo realizó con el equipo Multiparámetro de bolsillo HANNA HI 9829, de acuerdo a las indicaciones del fabricante se sumergió la sonda del multiparámetro limpio en el agua a ser muestreada.
- Los resultados de los datos de Oxígeno Disuelto se registran en la hoja de campo.
- Identificamos las botellas con las etiquetas antes del llenado, describiendo los analitos a determinar y la preservación respectiva.
- Cubriremos la etiqueta con cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.
- Una vez realizado el muestreo en el balde, se procedió a enjuague todas las botellas con una porción de muestra, mientras homogeniza el contenido del balde por agiténdolo constante.
- Para la preservación de las muestras se usó un frasco con gotero y se añadió cerca de 1 ml (20 gotas) del preservante ( $H_2CSO_4$ ) por cada 500 ml de muestra.
- Se procedió a tapar cada botella y agitar.
- Colocamos las botellas dentro de los congeladores con los geles congelantes suficientes.
- Se envió las muestras a la brevedad posible a los laboratorios para el análisis.

Para la conservación de las mismas, se aplicará la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

### **Procedimiento de Recolección de la Información y análisis de parámetros físico químicos in situ**

Para los parámetros medidos en laboratorio se realizó los siguientes procedimientos:

- Los frascos de plástico de 500 ml, libres de aire (sin burbujas), y preservada a 4°C, se analizaron por el método de APHA 5210B, para la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO5).
- Para el análisis de los Nitratos, se aplicó el método de laboratorio APHA 4500 NO 3 B.
- Para el análisis de Fosfatos, se aplicó el método de laboratorio APHA 4500 P E.
- Para el análisis de Turbidez, se aplicó el método de laboratorio APHA 2130 B.
- Para el análisis de Fosforo Total, se aplicó el método de laboratorio APHA 4500 P C.

- Para el análisis de Coliformes fecales, se llenó los recipientes hasta las tres cuartas partes de su capacidad para permitir la aireación y asegurar la supervivencia de los microorganismos, para el análisis se aplicó el método de laboratorio APHA 9221 E.

Para la recopilación de información se identificó los sitios determinados por la zona de importancia del estudio, consideraron criterios de accesibilidad, tamaño y grado de interés para la investigación, dentro del cual se procedió a describir cada uno de los lugares establecidos.

### **Centro Comercial Maltaría Plaza**

De acuerdo a Calvopiña J. 2018, el centro comercial Maltaría Plaza se encuentra en funcionamiento desde el año 2012; situado al Nor-Occidente de la ciudad de Latacunga. El centro comercial cuenta con los servicios de súper mercado, locales comerciales, ferretería, farmacia, parqueadero vehicular, salas de cine, oficinas administrativas, bancos, almacenes de ropa y patio de comidas.

El mismo hecho de existir una variedad amplia de establecimientos de comida, ha generado que existe una alta demanda para la utilización de recursos de agua, además de la utilización de detergentes, manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

El centro comercial Maltaría Plaza cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales establecidas en la Norma Técnica para la Implementación según la Ordenanza para la descontaminación y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga del año 2014. (Calvopiña B. & Mayorga B., 2018)

### **Hospital Provincial de Latacunga del Ministerio de Salud Pública MSP**

El Hospital Provincial de Latacunga data del año 1959 donde fue adecuado para el funcionamiento como Hospital General de Latacunga. Desde el 14 de abril de 1973 hasta la actualidad la Institución depende del Ministerio de Salud Pública del Ecuador.(MSP, 2020).

En el año 2018 el Ministerio de Salud Pública del Ecuador realiza una repotenciación del Hospital Provincial de Latacunga, donde se aumentó la capacidad del hospital de 84 a 256 camas, con lo cual se amplió la cartera de servicios de hospitalización, además se incrementó, 2 nuevas salas de emergencia, 2 quirófanos, 3 salas de parto para el centro obstétrico, 4 quirófanos para el centro quirúrgico, 2 quirófanos para el hospital del día, 26 camas de cuidados intensivos, 26 camas de neonatología, 22 camas para terapia intensiva, 4 camas para la unidad de quemados y una ampliación de los servicios de apoyo diagnóstico y tratamiento, además de servicios generales adicionales (MSP, 2020).



Durante el año 2010 el departamento de Higiene de la municipalidad de Latacunga realiza una inspección al Hospital, para conocer los procedimientos de recolección de desechos peligrosos hospitalarios, donde se identifica que existe un lugar específico para estos tipos de desechos ya que estos poseen un alto grado de contaminación ambiental. En Latacunga son 63 las empresas que generan este tipo de desechos, diariamente se produce una tonelada, que es depositada en el botadero controlado de Pichul, ubicado en la vía a Pujilí (Diario La Hora, 2010).

En lo que va del año 2020 el Hospital Provincial de Latacunga al ser repotenciado y aumentando sus especialidades para la atención a pacientes, ha generado la necesidad de tratamientos especiales, y la adquisición de medicación específica, razón por la cual el análisis de contaminantes que son vertidos al componente agua, se vuelve una necesidad, conocer cuánto de esta medicación especial, está siendo desecha y si cuenta con algún proceso de tratamiento de descontaminación antes de su eliminación hacia el sistema de alcantarillado.

### **Hospital Básico Latacunga del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS**

Según el análisis de impacto ambiental realizados por Aguilar en el año 2015, los desechos líquidos son una fuente puntal de contaminación debido a que estos son vertidos directamente al alcantarillado, sin recibir ninguna clase de tratamiento previo, y que varios de los parámetros analizados, no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, entre ellos aceites grasas y solidos suspendidos (AGUILAR A. & LASCANO N., 2015). Esto con un Hospital Básico con un número de 85 camas censales existes dentro de sus instalaciones.

### **Planta de alimentos Don Diego**

La planta de Alimentos Don Diego se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga, con 35 años de existencia dentro la producción de embutidos cárnicos. La responsabilidad social empresarial hoy por hoy resulta ser un factor indispensable en la empresa y de acuerdo con Collantes V; según su estudio de grado en el que describe las acciones tomadas por la empresa para mejorar su imagen y su impacto ambiental.

La Planta de Alimentos Don Diego Posee una planta de tratamiento de aguas residuales que actualmente se encuentra en funcionamiento, de acuerdo con el tipo de desechos, esta empresa genera una cantidad importante de aguas residuales con gran contenido de grasas, aceites y con un DBO bajo.

En la actualidad no se poseen datos de la efectividad de esta planta de tratamientos ni de la calidad de agua que se descargan directamente al drenaje, por lo cual se vuelve de gran importancia entender el estado de dicha fuente de contaminación puntual hacia el río Cutuchi. (Collantes V., 2015)

### **Pastocalle control negativo aguas arriba calidad de agua antes de ingresar en la ciudad**

La Parroquia de Pastocalle, se encuentra delimitada, al norte por con la provincia de Pichincha y al sur con la parroquia de Tanicuchí, al Occidente con la parroquia de Toacaso y Tanicuchí, al Oriente con la parroquia de Mulaló, por ser una de las parroquias q se encuentran más cerca del volcán Cotopaxi y por poseer caminos de acceso hacia las corrientes del río Cutuchi se seleccionó este sitio para ser un control positivo, como lugar poco contaminado.

La parroquia de Pastocalle desarrolla varios tipos de actividades dentro de estas se encuentra la Agricultura que representa alrededor del 10,5%, actividades de Manufactura e Industria el 8%, y las actividades de comercio y servicios el 2,56% (Andrade M. & Carrasco C., 2021).

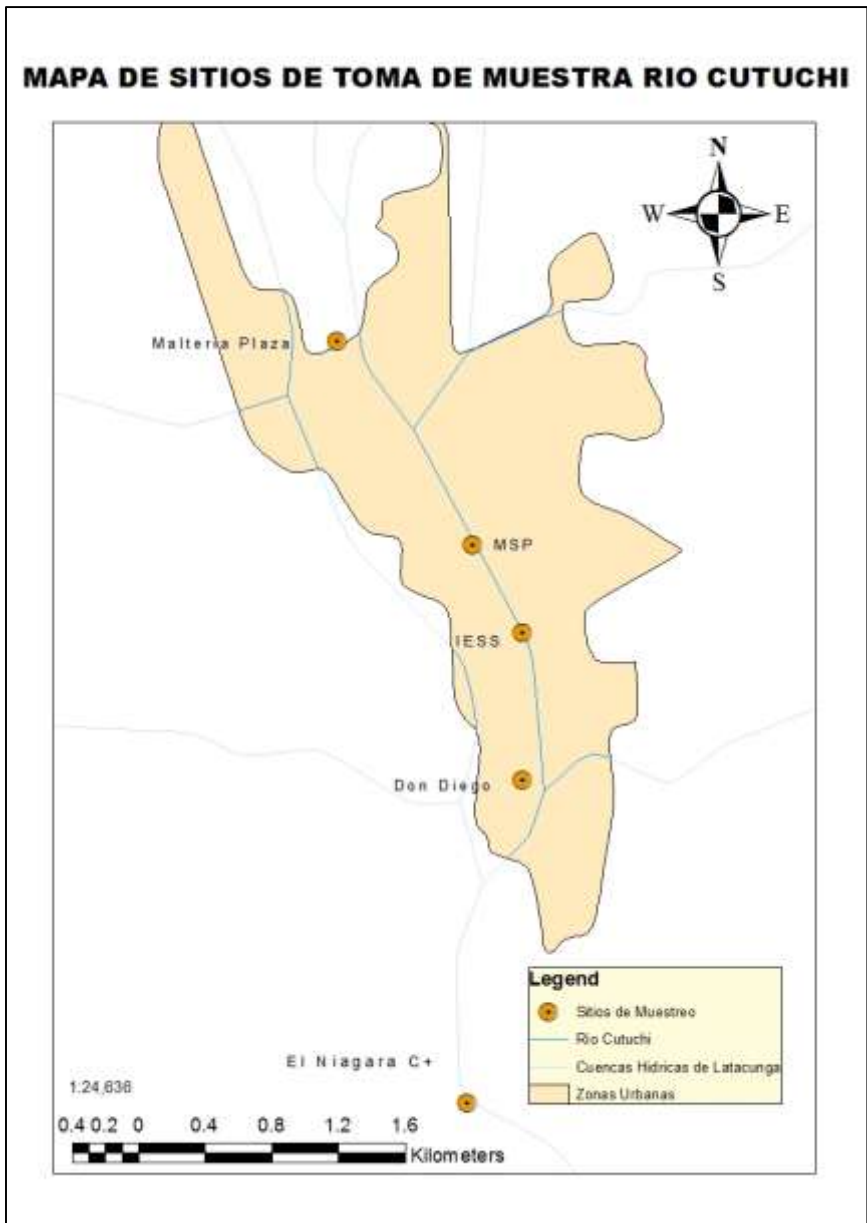
### **Sector Niagara control positivo aguas abajo calidad de agua al salir de la ciudad**

La parroquia Ignacio Flores se encuentra en la periferia de la ciudad, su mayor actividad económica, se desarrolla alrededor de actividades de la agricultura, el barrio Niagara, además se realizan actividades de artesanías en su mayor parte utilizando el carrizo, sin embargo hoy en día la mayoría se dedica a la Agricultura, negocios y otras actividades, por la falta del flujo comercial en la adquisición de artesanías (Cruz & Gissel, 2019).

**Tabla 14** Coordenadas zonas de estudio para tomas de muestras

#	Zona de estudio	Coordenadas
1	Materia Plaza	0°55'34.5"S 78°37'30.6"W
2	Hospital Provincial de Latacunga del Ministerio de Salud Pública MSP	0°56'14.4"S 78°37'04.4"W
3	Hospital Básico Latacunga del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS	0°56'31.4"S 78°36'54.7"W
4	Planta de alimentos Don Diego	0°57'00.3"S 78°36'50.0"W
5	Pastocalle Control Negativo	0°45'30.3"S 78°33'53.7"W
6	Barrio Niagara Control Positivo	0°58'03.5"S 78°37'05.3"W

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021



**Figura 4** Mapa de Puntos de Muestreo  
**Fuente:** Instituto Geográfico Militar, 2019  
**Elabora por:** El autor, 2022

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS**

#### **Análisis de cálida de agua según los parámetros físico químicos y microbiológicos.**

De acuerdo a los análisis realizados por el laboratorio, de las muestras tomadas en las zonas de estudio, se pudo determinar los parámetros físico, químicos, y microbiológicos de cada uno de ellos. De acuerdo con la normativa Ecuatoriana establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, en el criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, donde se establecen los límites, estos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Dentro de los resultados, la cantidad de solidos disueltos en agua muestra que, el punto de control Positivo tienen un valor de 70,4 mg/L, pero los sitios de análisis poseen niveles con casi tres veces superiores, que se encuentran por encima de las 220 mg/L y los puntos con mayor cantidad de solidos disueltos se encuentran en el punto A, con 477mg/L en su concentración y en el punto C, con 518 mg/L.

Para los valores de pH el punto de control negativo mostro valores de 6.5, mientras que los puntos de control tienen valores promedios de 7,67, por lo que de acuerdo al TULSMA se encuentra dentro de los parámetros establecidos que van desde 5-9.

Según los valores establecidos para agua frías dulces, el porcentaje de Oxígeno Disuelto deben bordear el 80% de porcentaje de Oxígeno y no menor a 60% o 5mg/L. Según los análisis realizados solo el punto de control se encuentra cercano a 75.2 % de Oxígeno Disuelto que se encontrarían cercano a los valores aceptables y los puntos de análisis tiene un promedio de Oxígeno Disuelto de 38.74%, como se muestra en el Grafico 1, lo que demuestra q los valores se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos, ya que la cantidad de oxígeno que posee el agua es necesaria para que microorganismos puedan degradar la materia orgánica, la comparación con el punto de control, demuestra la disminución en cuanto a la cantidad de oxígeno disuelto a lo largo del trayecto y se dificulta la degradación de materia orgánica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo realizar el análisis de los valores de cada sitio de análisis y se presentan a continuación en la Tabla N° 15.

**Tabla 15 Parámetros ambientales obtenidos en zonas de estudio**

<b>PARAMETROS</b>	<b>Control (Pastocalle)</b>	<b>Neg.</b>	<b>Punto A (Malteria Plaza)</b>	<b>Punto B (MSP)</b>	<b>Punto C (IESS)</b>	<b>Punto D ( La Española)</b>	<b>Punto E cnrt. Positivo (Niagara)</b>
<b>Ph</b>	6.5		7.67	7.69	7.67	7.67	7.66
<b>Temp. (°C)</b>	1		1.2	1.1	1.1	1.2	1.1
<b>Conductividad(us/cm)</b>	103.3		170	744	774	170	180
<b>Sólidos Disueltos(mg/L)</b>	70.4		477	480	518	434	432
<b>Oxígeno Disuelto (%)</b>	75.2		36.4	48.14	34.05	36.4	38.75
<b>DBO5(mg/L)</b>	4.62		6.8	5.35	6.28	8.81	6.13
<b>Nitratos(mg/L)</b>	1.2		2.82	2.78	3.21	2.47	3.11
<b>Fosfatos(mg/L)</b>	0.21		0.86	0.98	0.88	0.88	0.88
<b>Fósforo Total(mg/L)</b>	0.09		0.33	0.31	0.38	0.3	0.31
<b>Coliformes fecales (NMP/100ml)</b>	96		130	130	130	130	130
<b>Turbidez NTU</b>	2.53		29	29	4	4	4

Elaborado por: Carlos Guanotásig, 2021

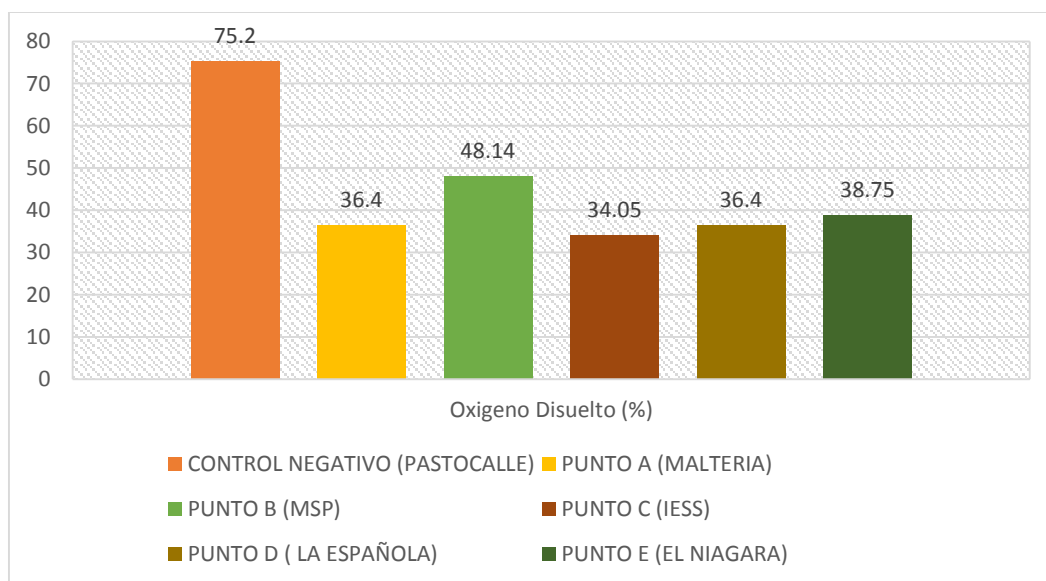
Al realizar el análisis de DBO5 se observan valores que en el punto de control negativo los valores son altos con un valor de 4,62mg/L, el cual excede los límites permitidos, además los valores que se obtuvieron promedios de 5,56mg/L en los otros puntos de estudio, lo que indica que la cantidad de desechos orgánicos es alta.

En el punto de control negativo por ser una zona de agricultura y floricultura, serían las causantes del alto contenido de materia orgánica y el porqué de los nivel tan alto de DBO5, mientras que al revisar los valores de los puntos de análisis y con mayor cantidad de materia orgánica son los puntos A y D son los puntos que sobrepasan los valores de DBO, ya que cada uno son productores de desechos con contenido alto de materia Orgánica.

Realizando el análisis del porcentaje de Oxígeno disuelto y los valores obtenidos de DBO5 son acordes ya que la cantidad de oxígeno disuelto que posee el efluente ya que al no poseer un valor necesario para que los microorganismos puedan existir para sobrevivir y degradar la materia orgánica esto se ve afectado por los altos niveles de contaminación que posee el río como se muestra en el Grafico 2.

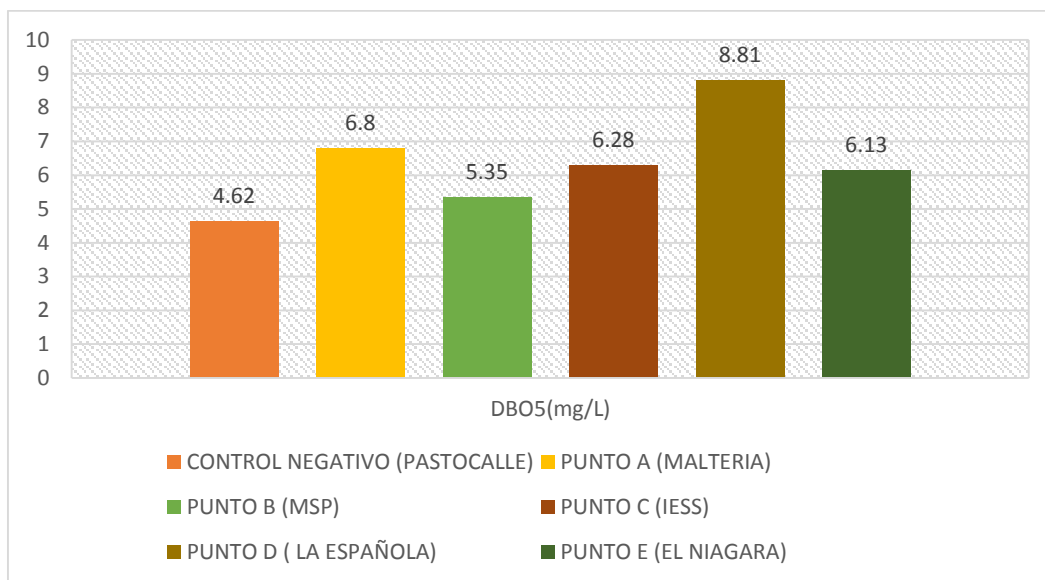
La DBO5 alta en el agua un se traduce en una demanda alta de consumo de oxígeno, para la degradación por partes de los microorganismos, impidiendo su generación normal, y provocando la degradación de la vida acuática por asfixia.

Al revisar la variación de las temperaturas a lo largo de los sitios de estudio se puede observar que todos poseen valores similares y la variación esta entre un 0.3 °C, aunque esto es no parece muy significativo, pero se puede ver una tendencia a que a medida que avanzamos durante la zona urbana la temperatura del agua también aumenta.

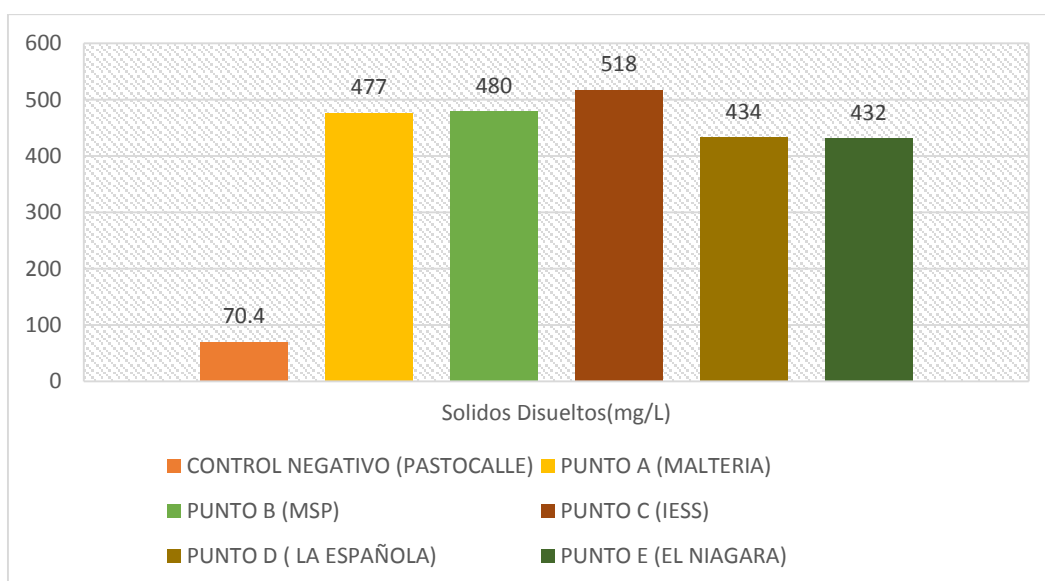


**Gráfico 1** Variación de Porcentaje de Oxígeno Disuelto  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

La variación de temperatura dentro de los sitios de estudio no cambia mucho ya que las condiciones ambientales son similares, pero se puede ver que en el pequeño punto de variación puede ser ya que el volumen y el tipo de desechos que producen que se puede observar en el punto A.

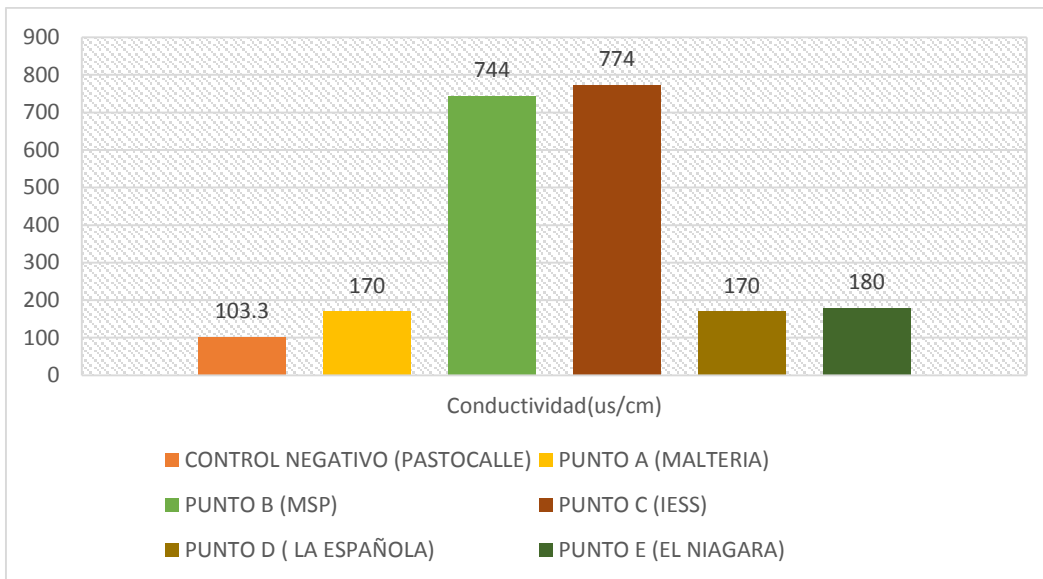


**Gráfico 2** Variación de Porcentaje de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021



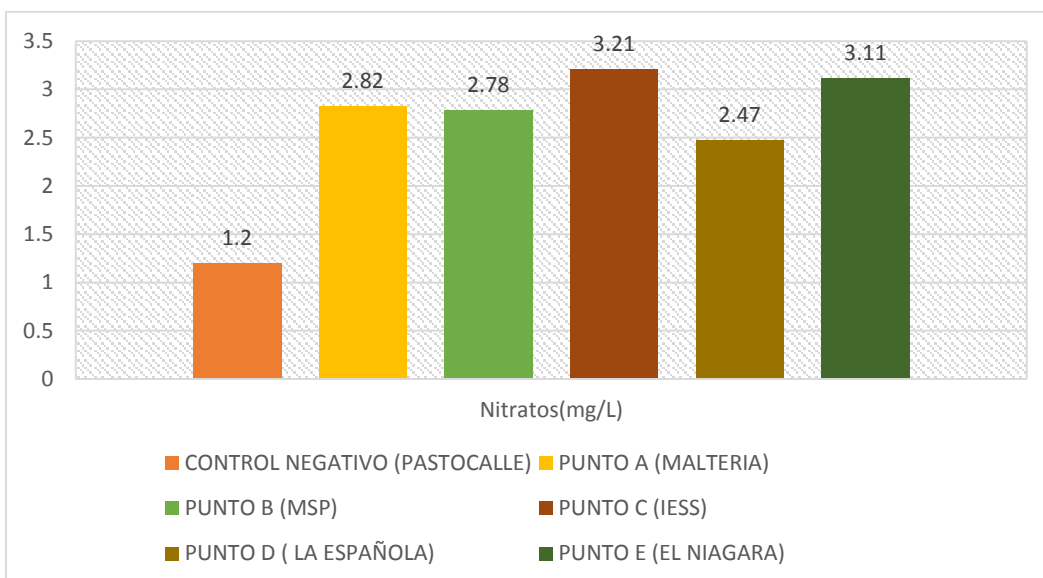
**Gráfico 3** Variación de Sólidos Disueltos  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

Al realizar el análisis de los Sólidos Disueltos en la rivera, se puede apreciar que en el punto de control la cantidad de sólidos disueltos se encuentran dentro de los límites permisibles, pero a medida que avanzamos por los puntos de control la cantidad de sólidos aumenta, siendo los puntos B y C los de mayor índice de concentración como se observa en el Gráfico 3.



**Gráfico 4** Variación de Conductividad  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

EL análisis de conductividad demuestra que, los puntos B y C, que muestran valores elevados dentro en la cantidad de Solidos Disueltos más altos, son también los que más contribuyen en los valores altos de conductividad, con valores de 774 us/cm del punto C y de 744 us/cm del Punto B, por ser estos puntos Hospitales que pertenecen a la Red Publica Integral de Salud (RPIS), como Hospitales de segundo nivel, ya que el uso de medicamentos y tratamientos a pacientes por las diferentes afecciones, son causantes de contaminantes emergentes que se ven reflejados en valores altos de conductividad solamente en estos puntos y posteriormente una disminución en los sitios posterior de estudio (Rodríguez & Blanco, 2018), como se refleja en el Gráfico 4.



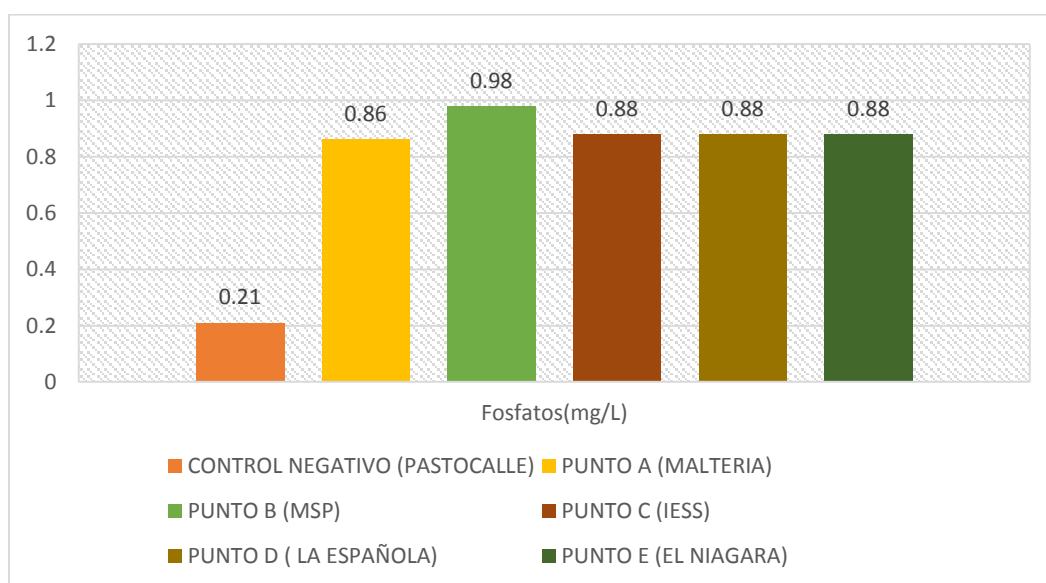
**Gráfico 5** Variación de Nitratos  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021



De acuerdo a Contreras 2015, la concentración de nitratos debe ser inferior a 1 mg/L para no limitar el desarrollo de la vida acuática (Contreras Lozano et al., 2015). La concentración de nitratos en agua en todos los puntos, hasta en el punto de Control Negativo, se encuentra sobre el 1mg/L como se muestra en el Gráfico 5, esto se debe a que esta zona es una zona de agricultura y ganadería cerca de las zonas rivereñas.

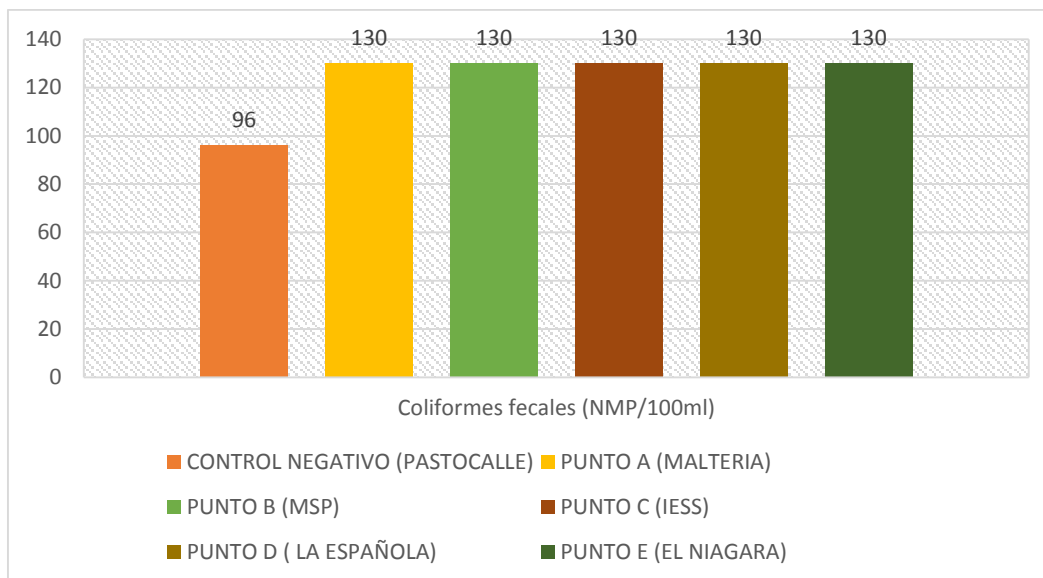
La concentración de Fosfatos también muestra niveles altos y de acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en el Gráfico 6, en el punto de control negativo muestran niveles que sobrepasan los 0,1mg/L, esta cantidad de iones se atribuye según Pérez, 2019, a las descargas de agua residual doméstica, industrial y drenaje agrícola (Pérez-Díaz et al., 2019), lo que a lo largo del trayecto estudiado se encuentran diferentes sitios, tanto agrícolas, ganaderas, industriales y descargas domésticas que provocan los altos niveles de contaminación en los sitios puntuales.

De acuerdo a Putts; 2010, concentraciones superiores a 0,1mg/L de fosfato-fósforo (PO<sub>4</sub>-P) en aguas rivereñas, pueden llegar a causar la formación en demasía de algas, causantes de la eutrofización y aumentando los valores de DBO para la eliminación de desechos Biológicos (Pütz, 2010).



**Gráfico 6** Variación de Fosfatos  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

Como se observa en el Gráfico 7, la cantidad de coliformes fecales a comparación con el control negativo se mantienen constante a lo largo de todos los puntos de estudio, en todos estos puntos la cantidad de coliformes fecales se mantiene en 130 NMP/100ml y no sobrepasa el límite máximo permisible establecido por el TULSMA.



**Gráfico 7** Variación de Coliformes  
**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

### **Análisis de calidad de agua con el Índice de Calidad del Agua.**

Una vez que se obtuvieron los resultados de los datos obtenidos en campo y en laboratorio, se procedió a realizar los cálculos de acuerdo a los índices de calidad de agua acorde a las curvas de calibración de proyecciones para análisis con sus respectivos subíndices de ponderación.

De acuerdo a lo analizado se obtuvo como resultado los siguientes datos que se presentan en la Tabla Nro 16.

**Tabla 16** Calculo de la ponderación de Variables para la valoración del ICA

SITIO	Sub. COL	Sub. pH	Sub. DBO.	Sub. NITR.	Sub. FOSF.	Sub. TEM.	Sub. TUR.	Sub. SOL.DIS.	Sub. OD.	ICA
CONTROL NEGATIVO PASTOCALLE	5.665	12.000	4.284	10.0	7.014	9.500	7.324	6.982	14.767	77.537
PUNTO A (MALTERIA)	5.220	11.269	3.303	10.0	3.667	8.736	4.745	-3.102	3.390	47.228
PUNTO B (MSP)	5.220	11.118	3.881	10.0	3.453	9.092	4.745	-3.176	6.785	51.118
PUNTO C (IESS)	5.220	11.269	3.485	10.0	3.629	9.092	6.751	-4.118	2.843	48.169
PUNTO D ( LA ESPAÑOLA)	5.220	11.269	2.775	10.0	3.629	8.736	6.751	-2.035	3.390	49.733
PUNTO E (EL NIAGARA)	5.220	11.345	3.542	10.0	3.629	9.092	6.751	-1.986	3.988	51.580

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

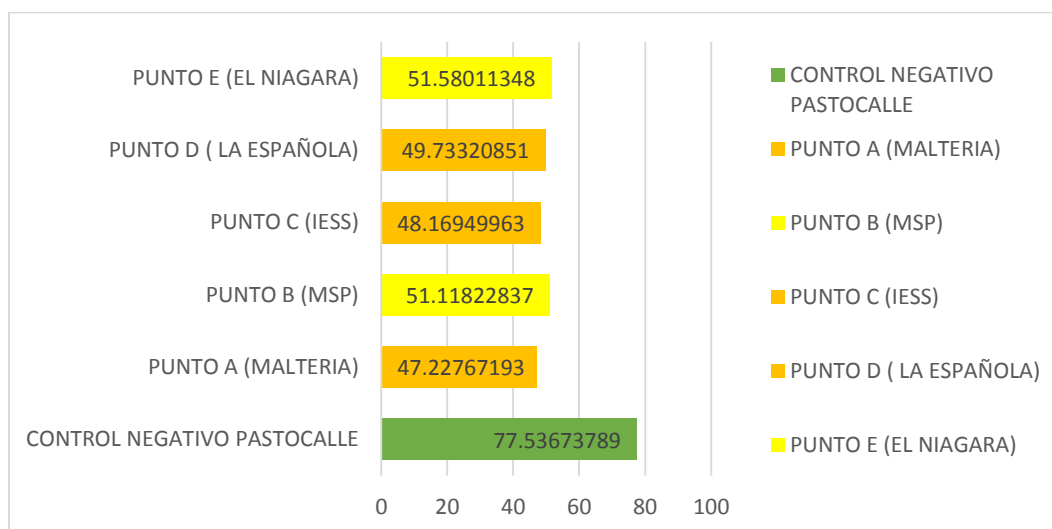
De acuerdo a estos datos obtenidos se puede realizar el análisis de la aplicación del Índice de calidad del agua de acuerdo a cada punto no solo con los resultados obtenidos in situ, de acuerdo a Haider, 2010, la aplicación de métodos para el análisis de calidad de agua de acuerdo a índices ayuda al entendimiento mucho más rápido y se tiene la visión general de lo que está ocurriendo en cada sitio aplicado (Abdul Hameed M. Jawad et al., 2010).

**Tabla 17 Criterios de ponderación de resultados de ICA**

Clasificación	ICA	CRITERIO
Excelente	91 - 100	Recurso Hídrico en estado natural, Agua de muy buena calidad
Buena	71 - 90	Recurso Hídrico levemente contaminado, Agua de buena calidad
Regular	51 - 70	Recurso Hídrico regularmente contaminado, Agua regularmente contaminada
Mala	41 - 50	Recurso Hídrico contaminado, Agua altamente contaminada
Pésima	0 - 40	Recurso Hídrico muerto. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

Con estos resultados podemos observar que, el punto de control negativo de acuerdo a la ponderación, como se muestra en el Tabla N° 17, se le remitió un valor de ICA de 77.536 con una calidad de Buena, donde se necesita un tratamiento previo para su uso o consumo, de aquí en adelante las condiciones en los sitios de estudio van a variar de calidad de Regular a Mala. En el punto E podemos observar que la calidad de agua, aguas abajo posee una calidad de agua Regular, que en comparación con los puntos de estudio puede observarse que la auto depuración del río se encuentra muy reducida por la calidad del agua lo que se hace ver la necesidad de un plan de recuperación para mejorar la calidad del agua dentro de los puntos de estudio más específicamente dentro del control de los desechos dentro de la ciudad de Latacunga.



**Gráfico 8** Calidad de agua según el Índice de Calidad

**Elaborado por:** Carlos Guanotásig, 2021

De acuerdo a lo que se puede observar en el Gráfico 8, los sitios de estudio con menor ICA o menor calidad de agua son los Puntos A, Punto C y Punto D, que poseen una Mala calidad de Agua, mientras que el Punto B por tan solo 1,118 no entra dentro de esta calificación pero al realizar la comparación con los resultados de conductividad, los

puntos B y C deben ser analizados por posibles contaminantes emergentes, dado el grado de conductividad variado de los resultados obtenidos.

Con los resultados obtenidos podemos observar que de acuerdo al TULSMA, los valores tanto físicos, químicos y microbiológicos, se encuentran dentro de los límites de los parámetros establecidos y que valores como conductividad y Nitratos se encuentran sobre los niveles.

Dentro del análisis de los parámetros establecidos en el Anexo 1 del TULSMA, para parámetros como pH, Temperatura, se encuentran dentro de los límites permisibles. Para el análisis de Conductividad solo los puntos B y C sobrepasan los límites permisibles establecidos dentro de TULSMA, y la cantidad de Oxígeno Disuelto, DBO5, solo el punto de control negativo presenta mejor calidad, al encontrarse cercano al límite permisible del 80 por ciento de oxígeno disuelto, y la necesidad de una mayor calidad de Oxígeno para la biodegradación de materia orgánica en un período de 5 días, el análisis de Nitratos, Nitritos y Fosfatos no se encuentra reportado para este tipo de efluentes pero de acuerdo a Putz; 2010, sobrepasan los límites permisibles del 0,1 mg/L para este tipo de efluentes. En relación al análisis de Coliformes Fecales y Turbidez, el efluente se encuentra dentro de los límites permisibles y en conjunto todos estos parámetros el análisis llevaría a crear que la calidad del efluente se encuentra entre buena y aceptable.

Al utilizar el Índice de Calidad de Agua, y correlacionarlos con las curvas de nivel para conocer la calidad de agua muestran de manera más concluyentes que la calidad del efluente es Mala y que los valores del ICA se encuentra entre 41 – 50, donde se comprueba que el recurso hídrico se encuentra altamente contaminado.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado y los resultados obtenidos, se puede concluir que se pudo identificar cada fuente puntal de contaminación en la cuenca del río Cutuchi en el sector La Estación del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi, donde cada sitio de análisis cumple con la normativa legal Vigente.

Al identificar y analizar las zonas de contaminación puntuales, los resultados obtenidos muestran valores, en el control negativo de una mejor calidad de agua en todos los parámetros analizados y al compararlos con los puntos de estudio podemos observar que, se evidencia una variación importante en la calidad del agua dentro de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua. Adicionalmente las condiciones mostradas en el punto de control positivo, aguas abajo, muestran que la auto depuración propia del río no mejora a lo largo del trayecto en el que el efluente avanza.

De acuerdo a las muestras analizadas se puede concluir que los parámetros de Oxígeno Disuelto, DBO5 y Solidos Disueltos, la calidad dentro de estos parámetros muestran cantidades que exceden los límites permisibles y adicionalmente que la capacidad de autodepuración del efluente se ve reducida por la cantidad de contaminantes en el efluente. Además los parámetros de conductividad, nitritos y fosfatos muestran que existen variaciones altas de cada uno de ellos pero en especial en los dos centros de salud, la cantidad de conductividad presentan valores altos, que deberían ser parte de otro estudio más a profundidad para identificar el tipo de contaminante que se está acumulando ahí y que por las actividades antrópicas propias de los sitios deberán ser parte de estudio pormenorizado ya que son un tipo de contaminante que no se encuentra descrito dentro del TULSMA.

De acuerdo a las muestras analizadas dentro del Punto E, aguas abajo como punto de control positivo, muestra que las condiciones de calidad de agua a medida que el recorrido del río continua, posee una baja capacidad de auto depuración para tratar la cantidad de contaminantes que posee, esto debido a la alta carga de materia orgánica y contaminantes como Nitratos, Nitritos y Fosfatos que se están descargando y una baja cantidad de Oxígeno Disuelto que se necesita para que los microorganismos puedan sobrevivir y consumir los diferentes tipos de materia orgánica.

De acuerdo al Índice de Calidad de Agua medido en cada punto de estudio demostró que la calidad del efluente se encuentra entre Regular y Mala. Solo el punto de control negativo, posee un tipo de calidad de Buena, pero que se encuentra muy cerca de cambiar a Regular, por lo que es necesario realizar constantes mediciones para conocer el estado y la calidad del efluente, en estos sitios puntuales de estudio, para tomar acciones correctivas acorde a los estadios de calidad realizados en esta zona.

Cuando se realizó el análisis de acuerdo a los estándares establecidos, para el análisis de los diferentes Índices de Calidad del Agua, primero se pudo concluir que los valores obtenidos de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos se ajusta a las condiciones referenciales para la aplicación del ICA propuestas por Brown, lo cual establece un método aplicable de mayor rapidez y de mejor caracterización para conocer el estadios de un efluente y que puede ser aplicado en condiciones similares a otros efluentes.

Al tratarse de un método estandarizado con índices establecidos por factores de corrección, de acuerdo a las condiciones establecidas, esto ayuda a que el método pueda ser escalado a diferentes tipos de efluentes que recorren la provincia de Cotopaxi, y que además se puede establecer métodos informáticos para la aplicación constante de estos índices y conocer las características y las condiciones en las que se encuentran los efluentes.

El aplicar Índice de Calidad de Agua para el monitoreo de la calidad de los efluentes, muestra la proyección para ampliar este estudio y no solo aplicarlos dentro de la zona urbana sino desde las vertientes y nacientes de todos los efluentes de la cuenca del Pastaza, con el objetivo de establecer estrategias, en un principio de control y monitoreo, para posteriormente realizar acciones como la preservación de zonas, que poseen una buena calidad de agua para futuras fuentes y alternativas como la conservación del medio. Posteriormente identificar las zonas que no están cumpliendo con la normativa y con el incumplimiento de las ordenanzas propias de cada sector, y tomar las sanciones y acciones correctivas correspondientes.

Una vez realizado este estudio se pudo definir estrategias para mitigar los impactos ambientales dentro de la cuenca del río Cutuchi en el sector la estación, utilizando las técnicas aplicadas en este estudio, como la aplicación de redes de monitoreo para conocer el estado de la cuenca, con la aplicación del Índice de Calidad de Agua. La aplicación de un programa de reforestación de con plantas autóctonas de la zona para la reducción de contaminantes de origen residencial.

Estas estrategias se las desarrolla de manera específica en la sección de recomendaciones, donde se aplicó las acciones desarrolladas durante el estudio y que se puedan aplicar de manera práctica en esta tipo de efluentes.

## RECOMENDACIONES

En relación al objetivo específico 4, Establecer estrategias para mitigar los impactos producidos en las principales fuentes de contaminación de la cuenca del río Cutuchi, los resultados de este estudio sugieren lo siguiente:

### 1. Monitoreo de efluentes

Como primera estrategia, se recomienda realizar programas de monitoreo de efluentes propios de la cuenca del Pastaza para poder evaluar el comportamiento en el tiempo sobre su calidad de agua, aplicando el Índice de Calidad de Agua, para que puedan ser comparadas no solo en tramos de un mismo efluente, si no en diferentes efluentes, que conforman la cuenca del Pastaza.

De acuerdo a la Estrategia Nacional de Calidad de Agua establecida por el Ministerio del Ambiente, dentro de uno de sus ejes recomienda el Diagnóstico de la Calidad del Agua de los recursos hídrico, para conocer las características físico químicas, biológicas, microbiológicas, radiológicas entre otra información relevante para conocer el estado de los efluentes (Ministerio del Ambiente et al., 2016). Este diagnóstico se lo puede realizar utilizando un método estandarizado como el Índice de Calidad de Agua, como estrategia para el control de la calidad del efluente y que se enmarca en las estrategias para mejorar la calidad del agua.

Para la implementación de esta estrategia es importante definir parámetros estratégicos los cuales definirán una estructura para que pueda ser puesta en ejecución estos son. La elaboración de convenios macro entre instituciones involucradas en el control y calidad del agua, el ministerio de ambiente, los gobiernos autónomos descentralizados, las comunidades y la sociedad interesada en la calidad de agua para definir zonas de estudio y parámetros de análisis.

Una vez establecida las zonas de estudio se define la periodicidad en la q se realizaron los análisis en dichas zonas y la metodología establecida para medir la calidad de agua, en este estudio se demostró que la aplicación de un Índice de Calidad de Agua es de gran utilidad para poseer una visión en general de la salud del efluente. Durante la elaboración de este estudio los costos no sobrepasaron los trescientos dólares para el análisis de los cinco puntos, correspondiente al análisis de once parámetros primarios en campo y laboratorio. Con estos nueve parámetros medidos se procedería a realizar por parte de técnicos o la academia, la aplicación del Índice de Calidad de Agua y tener una visión macro de la salud del efluente y plantear estrategias de análisis más profundos o estrategias de conservación de acuerdo a la calidad del agua de cada zona de interés.

Otro punto que hay que tomar en cuenta entre los actores e interesados en los estudios de control de la calidad de los efluentes, es definir las limitaciones que se puedan tener

dentro del aplicativo de la estrategia como, saber cuál es presupuesto y recursos tangibles con los que se cuenta, movilización, equipos, materiales de transporte y conservación, equipo de protección, etc; además de conocer las facilidades y complicaciones de cada zona de estudio para poder realizar la toma y la frecuencia de las repeticiones de los análisis.

Para mantener un programa que pueda ser exitoso en el futuro es necesario mantener un permanente monitoreo de las zonas estratégicas definidas, donde se incluyan parámetros fisicoquímicos, biológicos y de toxicidad que sirvan como base para conocer los cambios en la calidad del agua. (Carrión M., 2013)

## **2. Reforestación de zonas ribereñas con plantas fitorremediadoras**

La segunda estrategia es la utilización de programas biológicos naturales, como la reforestación de zonas rivereñas con plantas nativas de la zona que ayudan con la absorción y dotan de oxígeno al efluente, como son *Phragmites australis* (Carrizos), *Juncus Acutus* (Juncos), entre otra especies familias de las *Poaceae*, que son propias de la zona de la sierra centro.

La utilización de sistemas biológicos vegetales para realizar procesos de fitorremediación, es un procedimiento usado en la actualidad para la reducción de la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. La fitorremediación utiliza las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes (Delgadillo L. et al., 2011)

Según Thangavel y Subhuram (2004), dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización) de contaminantes en efluentes.

Estos sistemas vegetativos y microbiológicos mejoran la calidad de agua, dentro del recorrido del efluente y al utilizarlas como estrategia de auto depuración y reforestación las autoridades deben considerar aspectos como el costo la implementación la socialización y la permanencia de esta estrategia en el tiempo para que sea perdurable. Para la implementación de este sistema el gasto inicial no será mayor a los doscientos dólares en adquisición de semillas y planas para ser sembradas en las zonas de estudio, previamente estudiadas. Otra forma de reducir gastos y aportar actividades comunitarias es la socialización del proyecto con las comunidades interesadas en la protección del efluente, para que participen con ayuda y mano de obra en la implementación de las plantas y semillas.



Una vez establecidas las zonas reforestadas se debe realizar la protección de los sistemas biológicos implementados, creando estrategias de conservación y protección acorde a la realidad de cada sitio, como protección de las plantas de animales rumiantes, de personas o vehículos que no conozcan el propósito de la estrategia implementada y su adecuado control por parte de las autoridades para su revisión periódica del buen estado de los sistemas y su funcionalidad.

Estudios realizados por López en el 2020, en el cual utilizando las especies fitorremediadoras (Bambú, Junco, Papiro; Buchón de Agua) y ayudándolo con un sistema mixto (Canalizados y sistemas electrostáticos). Establecidos en sitios específicos a lo largo del trayecto del río Chillón en Lima Perú, mostraron que al aplicar sistemas Fito remediadores junto con procesos de oxigenación y procesos electrostático, ayudaron a la disminución de contaminantes domésticos, a lo largo de los transectos.

Dentro de la ciudad de Latacunga existe una normativa donde a centros de producción e industrias de mediana y gran escala deben poseer plantas de tratamientos para aguas residuales, antes de eliminarlas al alcantarillado. Estos procesos mecánicos junto con la aplicación de sistemas biológicos fito remediadores, disminuirán la contaminación de manera progresiva en la cuenca del río Cutuchi, además de ayudar a reforestar la frontera ribereña.

La implementación de sistemas informáticos de libre acceso sobre los valores y los estudios realizados a lo largo del tiempo, ayudara no solo a la comunidad sino también a la academia para estudios nuevos así como la determinación de los actuales sistemas aplicados, con el fin de formar una base de datos de libre acceso para investigaciones. El desarrollo de programas informáticos el cual permita agilizar el análisis de la calidad del agua aplicando los diversos parámetros para la aplicación de los Índices de Calidad de Agua, con la finalidad de promover el desarrollo de programas de monitoreo participativos y rápidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdul Hameed M. Jawad, A., Haider S., A., & Bahram K., M. (2010). Application of Water Quality Index for Assessment of Dokan Lake Ecosystem, Kurdistan Region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, 2010. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.29093>
- AGROCALIDAD. (2015). *INSTRUCTIVO PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS* (Informativo Rev. 2; pp. 1-13). Agrocalidad.
- AGUILAR A., A. E., & LASCANO N., S. L. (2015). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX-POST DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL HOSPITAL BASICO LATACUNGA* [UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12717/5/T-ESPE-049586.pdf>
- Aguilar G., A., & Fenandez C., A. T. (2006). *Elementos, estrategias y medios alternativos de solución de conflictos usados por la Agencia de Aguas de Cuenca del CNRH, para la solución de conflictos en Juntas y Directorio de Aguas*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5195>
- Aizaki, M., Otsuki, A., Fukushima, T., Hosomi, M., & Muraoka, K. (1981). Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *SIL Proceedings, 1922-2010*, 21(1), 675-681. <https://doi.org/10.1080/03680770.1980.11897067>
- Alomoto Q., D. E. (2018). *“Lineamientos para el mejoramiento de la capacidad de respuesta, planificación y el ordenamiento territorial ante los efectos de lahares en caso de erupción del volcán Cotopaxi, en la parroquia rural San Francisco de*

*Mulaló, cantón Latacunga*”.

<http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/14831>

Andrade M., J., & Carrasco C., V. (2021). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de Pastocalle para su dimensionamiento.*

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20888>

Asamblea Constituyente, T. (2008). *Constitución de la República del Ecuador.*

[http://bivicce.corteconstitucional.gob.ec/site/image/common/libros/constituciones/Constitucion\\_2008\\_reformas.pdf](http://bivicce.corteconstitucional.gob.ec/site/image/common/libros/constituciones/Constitucion_2008_reformas.pdf)

Behar G, R., Zúñiga de Cardozo, M. del C., & Rojas Ch., O. (2011). *Análisis y valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NSF: Casos ríos Cali y Meléndez.*

[192.168.37.135/handle/10893/1489](http://192.168.37.135/handle/10893/1489)

Bureau Veritas. (2008). *Manual para la formación en medio ambiente.* Lex Nova.

Calvopiña B., J., & Mayorga B., C. A. (2018). *OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO COMERCIAL “MALTERÍA PLAZA”, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI*

[Universidad Técnica de Cotopaxi].

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5208/6/PC-000379.pdf>

Campaña, A., Gualoto, E., & Campaña, A., GuChiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y

Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. *Latin American journal of Biotechnology and Life Sciences*, 305-310.

[http://revistabionatura.com/files/2017\\_m3h9s64f.02.02.6.pdf](http://revistabionatura.com/files/2017_m3h9s64f.02.02.6.pdf)

Carrión M., Y. N. (2013). *ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.*

<https://1library.co/article/estrategias-mejoramiento-evaluaci%C3%B3n-calidad-agua.wyex07q7>

Carvajal, H., & Camilo, J. (2017). Diagnóstico ambiental del manejo de vertimientos en nueve sectores empresariales ubicados en la zona urbana del municipio de Santiago de Cali. *instname:Universidad Autónoma de Occidente*.  
<http://red.uao.edu.co//handle/10614/9905>

CEPAL, C. E. para A. L. y el C. (2012). *DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR*.  
<https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>

Cervantes, M. (2007). *Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. (Vol. 11). Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=uWlrkIx-r3oC&oi=fnd&pg=PA37&dq=conceptos+fundamentales+sobre+ecosistemas+acu%C3%A1ticos+y+su+estado&ots=8Nrpcq2tYP&sig=xOPBsY7XlkMog85DbZfMYq97cbs#v=onepage&q=conceptos%20fundamentales%20sobre%20ecosistemas%20acu%C3%A1ticos%20y%20su%20estado&f=false>

CNRH, C. N. de R. H. (2015). *DIVISIÓN HIDROGRAFICA DEL ECUADOR*.  
[http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG\\_REG\\_EMAB\\_IX\\_dt%203\\_Ax2.pdf](http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt%203_Ax2.pdf)

CODERECH, C. para el D. R. de C. H., CNRH, C. N. de R. H., & CESA, C. E. de S. para la A. (2003). *Proyecto de Manejo y Conservacion de la Cuenca alta del Rio*

<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea50s/oea50s.pdf>

Collantes V., E. A. (2015). *PLAN DE COMUNICACIÓN PARA POSICIONAR A “DON DIEGO” COMO UNA EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE.*

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5007/1/T-UCE-0009-354.pdf>

Contreras Lozano, K. P., Mendoza, J., Salcedo Mendoza, G., Olivero Verbel, R., &

Mendoza Ortega, G. P. (2015). O Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementário na clarificação da água. *Producción + Limpia*, 10(1), 40-50.

Cruz, S. D. L., & Gissel, K. (2019). *Guía de las Técnicas Artesanales Tradicionales Aplicadas en el Carrizo en el Cantón Latacunga.*

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5331>

Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: Una aproximación económica.* Editorial Abya Yala.

Dawood, M. (2010). *A WATER QUALITY INDEX- DO WE DARE.*

[https://www.academia.edu/2553946/A\\_WATER\\_QUALITY\\_INDEX-\\_DO\\_WE\\_DARE](https://www.academia.edu/2553946/A_WATER_QUALITY_INDEX-_DO_WE_DARE)

Delgadillo L., A. E., González R., C. A., Prieto G., F., Villagómez I., J. R., & Acevedo

S., O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.

Diario La Hora. (2010). *Tratan los desechos de hospitales—La Hora.* La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo.

<https://lahora.com.ec/noticia/982713/todo-el-material-que-se-utiliza-en-el-hospital-para-hacer-curaciones-y-en-intervenciones-quirurgicas-tiene-un-tratamiento-especial-para-ser-eliminado->

- Diersing Nancy. (2009). *Water Quality: Frequently Asked Questions. FloridaBrooks National Marine Sanctuary, Key West, FL.*  
<https://nmsfloridakeys.blob.core.windows.net/floridakeys-prod/media/archive/scisummaries/wqfaq.pdf>
- FAO. (1993). *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines: Anales de la Consulta de Expertos organizada por la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=379326>
- FAO, FLACSO, & PNUMA. (2010). *Consejo Nacional de Recursos Hidricos, Ecuador Estado sobre los recursos Hidricos.*
- FONAG. (2011). *Concientización y sensibilización de los impactos de la contaminación en los ecosistemas acuáticos de agua dulce y marina.*  
[http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/AGUA\\_A\\_FONDO10.pdf](http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/AGUA_A_FONDO10.pdf)
- Fontalvo, F. A., & Tamaris T., C. E. (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica*, 101-111.  
<https://doi.org/10.21676/23897864.2510>
- GAD Municipal de Latacunga. (2014). *Ordenanza Descontaminación Protección De Rios Y Afluentes Hídricos Cantón Latacunga.*  
<https://latacunga.gob.ec/ordenanzas/1346-1-113-ordenanza-descontaminacion-proteccion-de-rios-y-afluentes-hidricos-canton-latacunga>
- GADPC, G. A. D. de la P. de C. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025.* <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PORTAL\_SNI/data\_sigad\_plus/sigadplusdocumentofinal/05600001100  
01\_FINAL-PDYOT-COTOPAXI-2015\_17-08-2015\_18-17-17.pdf

Garay F., S. (2018). *La aplicación de las normas ambientales y la contaminación del Río Cutuchi en al ciudad de Latacunga, en el período enero 2015 a octubre 2016.*  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28220>

García. (2008). *Foro de los recursos Hidiricos de Pichincha, Los problemas del Agua en el Ecuador.*

González C., Í., Muga R., I., Rodríguez M., J., & Blanco M., M. (2018). Contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y efluentes hospitalarios. Caracterización, rendimientos de eliminación en EDAR y estimación de la incidencia del vertido hospitalario en la EDAR de Galindo. *Tecnoaqua*, 29, 42-54.

Gualdrón Duran, L. E. (2016). Evaluación de la Calidad de Agua de ríos de Colombia usando parametros Físico Químicos y Bilógicos. *Dinamica Ambiental.*  
<https://images.app.goo.gl/8KmmAPAhYJkZwQgb6>

Gutierrez A., C. L. (2010). *La Contaminacion del Río Cutuchi* [Universidad Tecnica Particular de Loja].  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20Carlos%20Gutierrez%20Al.pdf>

Hidalgo Ramírez, C. E., & Osorio Muñoz, E. A. (2013). *Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (CR) y cadmio (CD) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara.*  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6006>

Illanes C., S. B. (2016). *Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector*

- Santa Lucia, periodo 2014* [B.S. thesis, LATACUNGA/UTC/2016].  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3251/1/T-UTC-00518.pdf>
- Kraemer, R. A., Choudhury, K., & Kampa, E. (2001). Protecting water resources: Pollution prevention. *In Secretariat of the International Conference on Freshwater, Bonn, Germany.*  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/KRAEMER%20et%20al%202001%20Protecting%20Water%20Resources%20Pollution%20Prevention.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KRAEMER%20et%20al%202001%20Protecting%20Water%20Resources%20Pollution%20Prevention.pdf)
- Lema C., M. A., & Plaza Q., V. C. (2009). *Modelación hidrológica de la cuenca (alta y media) del río Pastaza aplicando el modelo de simulación WEAP (Water Evaluation and Plannig System)*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1780>
- Martin Ortega., Ferreir, R., Gordon, I., & Khan. (2015). *Water ecosystem services: A global perspective—UNESCO Biblioteca Digital.*  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244743>
- Merlotto, A., Piccolo, M. C., & Bértola, G. R. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/ cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande, 53, 159-176.*  
<https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300010>
- Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud Publica, & Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2016). *Estrategia de Nacional de Calidad de Agua*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- MSP. (2020). *HOSPITAL GENERAL LATACUNGA*. <https://hgl.mspz3.gob.ec/mision-vision.html>



- Ortiz, D., Mena V., P., & Grupo de Trabajo en Paramos del Ecuador. (2005). *Recursos Hidricos y Contaminación del Río Cutuchi*.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/46426.pdf>
- Ortiz M., P. (2010, julio 1). *Apuntes Contaminación y Trtamiento en PDF | Aguas residuales / La contaminación del agua*. Scribd.  
<https://es.scribd.com/document/42828934/Apuntes-Contaminacion-y-Trtamiento-en-PDF>
- Peluso, M. L. (2011). *Evaluación de efectos biológicos y biodisponibilidad de contaminantes en sedimentos del Río de la Plata y afluentes* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/18420>
- Pérez-Díaz, J. P., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Flores-Magdaleno, H., Sánchez-Bernal, E. I., Can-Chulim, Á., Mancilla-Villa, O. R., Pérez-Díaz, J. P., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Flores-Magdaleno, H., Sánchez-Bernal, E. I., Can-Chulim, Á., & Mancilla-Villa, O. R. (2019). Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), 175-182. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1829>
- Proaño C., N. G. (2009). *Piloto—Manejo integral de los recursos hídricos y tratamiento de las aguas servidas – cuenca del río cutuchi*.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5988>
- Pütz, P. (2010, febrero 16). *Eliminación y determinación de fosfato*. Interempresas.  
<https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- Quintero, O. C., Melendez, V. G., & Ramírez, N. J. A. (2013). Aplicación de los índices NSF, DINIUS y BMWP para el análisis de la calidad de agua de la Quebrada La Ayurá, Antioquia Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(1), 97-108.

- Quiroz F., L. S., Izquierdo K., E., & Menéndez G., C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXVIII, 41-51.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (2005). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153.
- Reinoso G., Luis. (2008). *Peligrosas aguas del río Cutuchi—La Hora*. La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. <https://lahora.com.ec/noticia/797331/peligrosas-aguas-del-ro-cutuchi>
- Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L., & Wigington, R. (2003). Ecologically Sustainable Water Management: Managing River Flows for Ecological Integrity. *Ecological Applications*, 13(1), 206-224. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)013\[0206:ESWMMR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)013[0206:ESWMMR]2.0.CO;2)
- Rivera, C. N. M., & Reyes, Y. Y. S. (2017). Aplicación de metodología de Pfafstetter para el estudio de identificación y análisis de micro cuencas de municipios de MAMCEPAZ. *Ciencias Espaciales*, 10(1), 88-112. <https://doi.org/10.5377/ce.v10i1.5730>
- Rodriguez, J., & Blanco, M. (2018). *Contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y efluentes hospitalarios. Caracterización, rendimientos de eliminación en EDAR y estimación de la incidencia del vertido hospitalario en la EDAR de Galindo*.
- SENAGUA, S. N. D. A. (2009). *DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR* (N.º 1). Union Internacional para la Conservacion de la Naturaleza, Secretaria general de la comunidad Andina.

<https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>

Sucoshañay, V. D., Gutiérrez Hernández, J. E., García Rivero, A., Ledesma Acosta, R., Kuásquer, E. V., & Martínez Valenzuela, G. E. (2014, diciembre 1). *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Puyo de la amazonia ecuatoriana a partir de un índice integrador (ICA\_sp)*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/318325446\\_14\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_las\\_aguas\\_superficiales\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_Puyo\\_de\\_la\\_amazonia\\_ecuatoriana\\_a\\_partir\\_de\\_un\\_indice\\_integrador\\_ICA\\_sp#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/318325446_14_Evaluacion_de_la_calidad_de_las_aguas_superficiales_de_la_cuenca_del_rio_Puyo_de_la_amazonia_ecuatoriana_a_partir_de_un_indice_integrador_ICA_sp#fullTextFileContent)

SUIA, S. Ú. de I. A. (2017). MAE. <http://biodiversidad.ambiente.gob.ec:8099/biodiversidad-web/login.xhtml>

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. (2015). TULSMA. Decreto ejecutivo 3516 Políticas básicas ambientales del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

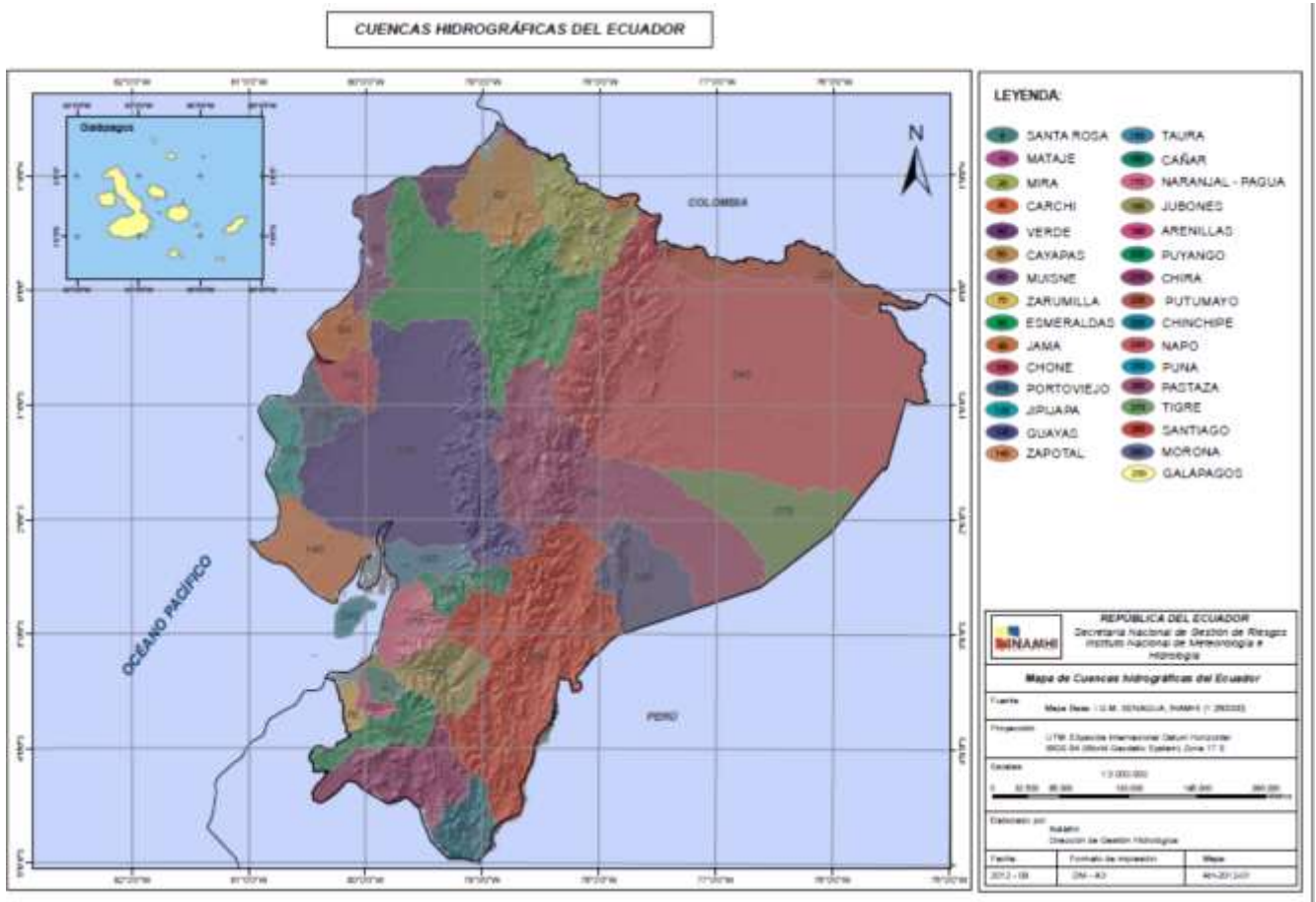
Torres B., B., González L., G., Rustrián P., E., & Houbron, E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 135-146.

Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

- TULSMA. (2015). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. LIBRO VI ANEXO 1*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- UNESCO. (2019). *WWAP / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/>
- Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., & Stuart, S. N. (2009). *Wildlife in a Changing World: An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN.
- Villanueva, M. C., & Esquivel, R. P. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- Yáñez Q., E. G., & Vásquez R., R. A. (2015). *Caracterización de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de agua al río Cutuchi en el sector Lasso cantón Latacunga provincia Cotopaxi, periodo 2015* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2768>
- Yogendra, K., & Pathak, A. (2009). *Determination of Water Quality Index and Suitability of an Urban Waterbody in Shimoga Town, Karnataka*. [https://www.academia.edu/32049089/Determination\\_of\\_Water\\_Quality\\_Index\\_and\\_Suitability\\_of\\_an\\_Urban\\_Waterbody\\_in\\_Shimoga\\_Town\\_Karnataka](https://www.academia.edu/32049089/Determination_of_Water_Quality_Index_and_Suitability_of_an_Urban_Waterbody_in_Shimoga_Town_Karnataka)

# ANEXOS

## ANEXO 1



Cuencas hidrográficas del Ecuador

## ANEXO 2



Medición de parámetros físico químicos en el punto de control positivo aguas abajo

### ANEXO 3



Toma de muestras y análisis de parámetros físicos en el Punto C Hospital Básico  
Latacunga del IESS

### ANEXO 4



Toma de muestras y análisis de resultados físico químicos en el Punto B Hospital  
General de Latacunga MSP

ANEXO 5  
CÁLCULOS DEL ICA DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Sitio	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	ICF	Condición	Sub(i)*Wi	pH	IpH	Condición	Sub(i)*Wi	DBO5 (mg/L)	IDBO	Condición	Sub(i)*Wi	Nitratos (mg/L)	Nitratos	Condición	Sub(i)*Wi	Fosfatos (mg/L)	Fosfatos	Condición	Sub(i)*Wi	Var. Temp. (°C)	Temperatura	Condición	Sub(i)*Wi	Turbidez FAU	Turbidez	Condición	Sub(i)*Wi	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	ISDT	Condición	Sub(i)*Wi	Oxígeno Disuelto (%)	ODD	Sub(i)*Wi	ICA	Denominación
CONTROL NEGATIVO PASTOCALLE	96.00	37.77	37.77	5.66	6.5	206.78	100.00	12.00	4.62	42.84	42.84	4.28	1.28	152.92	100.00	10.00	0.21	70.14	70.14	7.01	1	95.00	95.00	9.50	2.53	91.5521	91.55	7.32	70.40	67.28	67.28	6.98	75.2	0.75	14.77	77.54	BUENA
PUNTO A (MALTERIA)	130.00	34.80	34.80	5.22	7.67	93.91	93.91	11.27	6.1	33.03	33.03	3.30	2.82	116.04	100.00	10.00	0.66	36.67	36.67	3.67	1.2	67.36	67.36	6.74	29.00	53.3085	53.31	4.74	477.00	-38.77	-38.77	-3.10	36.4	0.36	3.39	47.23	MALA
PUNTO B (MSP)	130.00	34.80	34.80	5.22	7.69	92.65	92.65	11.12	5.95	38.81	38.81	3.88	2.78	116.58	100.00	10.00	0.96	34.53	34.53	3.45	1.1	90.92	90.92	9.09	29.00	53.3085	53.31	4.74	480.00	-39.70	-39.70	-3.18	48.14	0.48	6.78	51.12	REGULAR
PUNTO C (JESS)	130.00	34.80	34.80	5.22	7.67	93.91	93.91	11.27	6.28	34.85	34.85	3.48	3.21	111.29	100.00	10.00	0.88	36.29	36.29	3.63	1.1	90.92	90.92	9.09	4.00	84.38341	84.38	6.75	516.00	-51.48	-51.48	-4.12	34.05	0.34	2.84	48.17	MALA
PUNTO D (LA ESPAÑOLA)	130.00	34.80	34.80	5.22	7.67	93.91	93.91	11.27	6.11	27.75	27.75	2.77	2.47	121.12	100.00	10.00	0.88	36.29	36.29	3.63	1.2	67.36	67.36	6.74	4.00	84.38341	84.38	6.75	434.00	-25.44	-25.44	-2.84	36.4	0.36	3.39	49.73	MALA
PUNTO F (EL NIAGARA)	130.00	34.80	34.80	5.22	7.66	94.54	94.54	11.34	6.13	35.42	35.42	3.54	3.11	112.43	100.00	10.00	0.88	36.29	36.29	3.63	1.1	90.92	90.92	9.09	4.00	84.38341	84.38	6.75	432.00	-24.82	-24.82	-1.99	36.75	0.36	3.99	51.58	REGULAR

**Nota:** En cada columna al inicio de cada cálculo se muestra los valores obtenidos en el análisis de laboratorio de las muestras tomadas en los ríos, así como también de datos tomados in situ En la columna Sub(i) se colocan los valores que se obtienen al aplicar los criterios establecidos para cada uno de los parámetros del ICA (NSF) y correlacionarlos con las tablas respectivas (NSF, 2006 y SNET, 2018). *Wi* representa el peso asignado para cada parámetro. En la columna *Final* se coloca el resultado de la multiplicación de *Sub(i)\*Wi*. Finalmente, en el total se coloca la suma de los valores finales obtenidos de cada parámetro.