



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN ESPACIO–TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-
2020”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniería en Medio Ambiente

Autores:

Abigail Amparo Barrera Gallo

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

Tutor:

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Latacunga - Ecuador

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **Abigail Amparo Barrera Gallo**, con CC. **050423947-6**, y **Jessica Gabriela Cepeda Guasgua** con CC. **172500084-6**, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: "EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020", siendo la Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa, tutora del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Abigail Amparo Barrera Gallo

C.I: 050423947-6

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

C.I: 172500084-6

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

C.I: 060414790-0

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Abigail Amparo Barrera Gallo** con C.I: 050423947-6 y **Jessica Gabriela Cepeda Guasgua**, con C.I: 172500084-6, de estado civil **solteras** y con domicilio en Quito, a quien en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN ESPACIO–TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Abigail Amparo Barrera Gallo: Abril 2014 – Febrero 2020

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua: Abril 2015- Febrero 2020

Aprobación CD.- 15 De Noviembre Del 2019

Tutora.- Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “EVALUACIÓN ESPACIO–TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2020.

Abigail Amparo Barrera Gallo

C.I: 050423947-6

LA CEDENTE

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

C.I: 172500084-6

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN ESPACIO–TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020”, de **Abigail Amparo Barrera Gallo** y **Jessica Gabriela Cepeda Guasgua**, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, Febrero del 2020.

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

CI: 060414790-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente; por cuanto, los postulantes:

- **Abigail Amparo Barrera Gallo**
- **Jessica Gabriela Cepeda Guasgua**

Con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN ESPACIO–TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020”**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero del 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente/a)
Nombre: Dr. Polivio Moreno Navarrete
CC: 050104764-1

Lector 2
Nombre: MSc. Patricio Clavijo Cevallos
CC: 050144458-2

Lector 3
Nombre: Mg. Kalina Marcela Fonseca Largo
CC: 172353445-7

AGRADECIMIENTO

La vida ama la debilidad, por ello para ser fuerte debes luchar contra la corriente y solo así adquirirás fortaleza para lograrlo; para ser débil, fluye con el río a dónde vaya. Agradezco a Dios por cruzar en mi camino a personas extraordinarias, además por brindarme la sabiduría de elegir este camino. Mi eterna gratitud a Olga Beatriz Patiño por su infinita bondad, amor y paciencia. Quién con su ejemplo me enseñó a no rendirme y pese a los obstáculos de la vida, si lo deseas puedes lograrlo; a mi madre y hermanos por ser el motor quienes me impulsan día a día. A mi compañera y amiga Gabriela Cepeda por todo este tiempo compartido.

A la Ph.D. Mercy Ilbay y Dr. Polivio Moreno por la confianza, apoyo y dedicación de tiempo e impartir sus conocimientos para la realización de este proyecto de investigación. Deja que el flujo de la vida te lleve tú solo disfruta.

Abigail Amparo Barrera Gallo

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado. Ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la vez a la carrera de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por haber inculcado durante estos años la formación académica, ética y moral.

Mi profundo agradecimiento y gratitud a mis profesores: A la PhD. Mercy Ilbay y Dr. Polivio Moreno. Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A toda mi familia, los cuales supieron guiarme y apoyarme en los malos y buenos momentos para seguir adelante y concretar una meta más en mi formación académica y personal.

A Abigail por haber sido una excelente amiga y compañera de tesis, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron para la finalización exitosa de mi carrera.

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

DEDICATORIA

El proyecto de investigación va dedicado a mi abuelita María Manuela Zapata, pesé a que te fuiste muy pronto de mi vida, siempre recuerdo con alegría los valores que me enseñaste, entre ellos a no ser conformista y bregar por tus anhelos.

Abigail Amparo Barrera Gallo

DEDICATORIA

Con todo el amor del mundo les dedico este trabajo a mis padres Alicia y Ramiro por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado. Por ser mis amigos incondicionales y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos que siempre han estado para mí. Alexander y Cristina. A Gabriel, por su paciencia y amor.

A mis Tías por ser parte importante de mi vida. Por estar a mi lado y darme su apoyo incondicional, por mostrarme el valor de la amistad y la familia, por haber depositado en mí su amor y sus anhelos. A Beatriz y a Fanny ustedes representan una gran inspiración en mi vida y un gran ejemplo a seguir. Las amo.

A mi abuelita María aunque ya no se encuentre con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento. Y sobre todo por todos los consejos que me ha sabido dar. Para ti mi mamita ¡Ya soy Ingeniera!

Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

**“Evaluación Espacio–Temporal de la Calidad del Agua del Río Cutuchi en el Cantón Latacunga,
Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”**

RESUMEN

La investigación determinó la variación espacio temporal de la calidad de agua del río Cutuchi, a través del índice para aguas superficiales National Sanitation Foundation (NSF). Para ello se realizó el estudio hidrometeorológico: precipitación, temperatura y caudal mediante cinco estaciones meteorológicas y una hidrológica para el periodo 2005-2015. Para la aplicación del Índice de calidad de agua (ICA) se analizó el periodo 2011-2015 y se realizó muestreos en el periodo septiembre 2019- enero 2020 de los parámetros establecidos en el ICA NSF OD%, coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO_3^- , PO_4^{3-} , temperatura y turbidez. A los cuales se aplicó la ecuación del promedio geométrico ponderado para la obtención de los subíndices de cada parámetro, cuyos valores obtenidos fueron multiplicados por los factores de ponderación de cada uno, de esta manera se obtuvo la categoría establecida de la calidad de agua del río Cutuchi. Los resultados mostraron una temperatura promedio anual de 13.7 °C y precipitación de 634 mm/año; la distribución de la precipitación dio como la mayor precipitación de 986.2 mm a 701.6 mm, seguida de 657.6 mm. El caudal promedio anual fue 11.15 m³/s, el periodo de avenida va de febrero a julio, y el estiaje de julio a enero. El promedio del ICA NSF para la estación hidrométrica (H0792) fue 58.17 (regular), este se ha mantenido durante 5 años, por lo que no se observa tendencias al incremento o decremento de la calidad de agua. Los parámetros: Oxígeno Disuelto (mg/L) en el año 2012 (4.46 mg/L) está por debajo de los LMP. Mientras que: En el mes de enero 2020 las Coliformes Fecales presentan un valor (350000 NMP/10mL), y Fosfatos (2249 ug/L). El Arsénico en el mes de octubre 2019 tiene (0.055 mg/L), y La Turbidez (NTU), el año 2012 presenta (128 NTU), el mes de octubre 2019 tiene (192 NTU), los cuales superan el Límite Máximo Permisible establecido por el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). De acuerdo con la correlación entre el valor del ICA y el caudal en el periodo de análisis existe una correlación directa, es decir que a medida que incrementa el caudal también la calidad, sin embargo, en el período de muestreo carece de una correlación debido al poco tiempo de estudio.

Palabras clave: contaminación del agua, índice de calidad, río Cutuchi, variación espacial.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
SCIENCE AGRICULTURAL AND NATURAL RESOURCES DEPARTMENT

**“Space – Temporary Evaluation of the water quality of the Cutuchi River at Latacunga Canton,
Cotopaxi Province, 2019-2020 period.”**

Author: Abigail Amparo Barrera Gallo and Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

ABSTRACT

This research determined the space-temporal variation of the water quality of the Cutuchi River, through the National Sanitation Foundation (NSF). For this, the hydrometeorological study was carried out: precipitation, temperature, and flow through five meteorological stations and one hydrological for the period 2005-2015. The period 2011-2015 was analyzed to apply the Water Quality Index (WQI), as well as samples carried out in the period September 2019- January 2020 of the parameters established in the WQI NSF OD%, fecal coliforms, pH, DBO5, SDT, NO_3^- , PO_4^{3-} temperature and turbidity; to which the weighted geometric average equation was applied to obtain the sub-indices of each parameter whose values were multiplied by the weighting factors of each one of them, so it was obtained the established category of the water quality of the Cutuchi river. The results showed an average annual temperature of 13.7 ° C and precipitation of 634 mm/year; the distribution of precipitation showed the highest precipitation from 986.2 mm to 701.6 mm, followed by 657.6 mm. The average annual flow was 11.15 m³ / s, the flood period runs from February to July, and the low water level from July to January. The average of the NSF WQI for the hydrometric station (H0792) was 58.17 (regular), this has been maintained for five years, so there is no tendency to increase or decrease water quality. Parameters: Dissolved Oxygen (mg / L) in 2012 (4.46 mg / L) is below the LMP. While: in January 2020, the Fecal Coliforms have a value (350000 NMP / 100mL), and Phosphates (2249 ug / L). In October 2019 the Arsenic had (0.055 mg / L), and Turbidity (NTU), at 2012 presents (128 NTU), in October 2019 had (192 NTU), which exceeds the Maximum Permissible Limit established by the (TULSMA, BOOK VI ANNEX 1, 2015). According to the correlation between the value of the WQI and the flow rate in the period of analysis, there is a direct correlation; it means, as the flow rate increases, the quality increases too; however, in the sampling period, it lacks a correlation due to short studying time.

Keywords: water pollution, quality index, Cutuchi river, spatial variation.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1. Objetivo General.....	5
5.2. Objetivos Específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
7.1. Calidad del Agua.....	8
7.2. Índice de Calidad del Agua.....	8
7.3. Índices Físicoquímicos de Calidad de las Aguas	9
7.3.1. Índice de Calidad General (ICG).....	9
7.3.2. Índice Simplificado de Calidad De Aguas (ISQA)	9
7.3.4. Índice Holandés de Calidad De Agua (IHCA)	10
7.4. Parámetros Utilizados en los Índices Físicoquímicos de Calidad de Aguas	10
7.5. Índice De La Fundación Nacional De Saneamiento (NSF)	11
7.5.1. Parámetros del Índice ICA NSF	12
7.5.1.1. Curvas de Valoración para el Cálculo del ICA NSF	13
7.6. Contaminación del agua.....	20
7.7. Contaminación del agua en el río Cutuchi	21
7.8. Variación espacial y temporal.....	21
7.10. Marco Legal	22
8. PREGUNTA CIENTÍFICA	30
9. METODOLOGÍA	30

9.1.	Área de estudio	30
9.1.1.	Análisis espacial	31
9.2.	Análisis temporal	32
9.3.	Análisis de datos	32
9.3.1.	Análisis exploratorio de datos	32
9.4.	Caracterización Hidrológica	32
9.4.1.	Precipitación	32
9.4.2.	Temperatura	33
9.4.3.	Caudal	34
9.5.	Calidad de agua	34
9.5.1.	Monitoreo	34
9.6.	Índice de Calidad de Agua	35
9.7.	Relación calidad – cantidad	39
9.8.	Análisis espacial	40
9.9.	Análisis Temporal	40
9.10.	Análisis estacional	40
10.	ÁNÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
10.1.	Caracterización Hidrológica	41
10.1.1.	Temperatura	41
10.1.2.	Precipitación	42
10.1.3.	Caudal	43
10.2.	Comparación de Límites Máximos Permisibles	44
10.2.1.	Criterios de calidad	44
10.2.2.	Oxígeno Disuelto (mg/L)	45
10.2.3.	Coliformes Fecales NMP/10mL	46
10.2.4.	Fosfatos ug/L	47
10.2.5.	pH	48
10.2.6.	Arsénico mg/L	49
10.2.7.	Nitratos mg/L	50
10.2.8.	DBO5 mg/L	51
10.2.9.	Sólidos Disueltos Totales mg/L	52
10.2.10.	Turbidez	53
10.3.	Índice de Calidad de Agua	54
10.4.	Relación Calidad- Cantidad	55
10.5.	Análisis Temporal	57

10.6.	Análisis Estacional	58
11.	IMPACTOS	59
11.1.	Impactos Ambientales	59
12.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	59
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
13.1.	Conclusiones	61
13.2.	Recomendaciones.....	63
14.	REFERENCIAS	64
15.	ANEXOS	70
	Anexo 1.....	72
	Anexo 2.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Función de Calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno.	14
Figura 2. Función de Calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto.	14
Figura 3: Función de Calidad NSF Coliformes Fecales.	15
Figura 4: Función de la Calidad NSF Nitratos.	15
Figura 5: Función de Calidad NSF Potencial de Hidrogeno	16
Figura 6: Función de Calidad NSF Temperatura.....	16
Figura 7: Función de Calidad NSF Solidos Disueltos Totales.	17
Figura 8: Función de Calidad NSF Fosfatos.	17
Figura 9: Función de Calidad NSF Turbidez.....	18
Figura 10: Subcuenca alta del río Patate	31
Figura 11: Temperatura mensual en la subcuenca alta del rio Patate (°C).....	41
Figura 12: Precipitación mensual en la subcuenca alta del rio Patate (mm).....	42
Figura 13: Precipitación anual en la subcuenca alta del río Patate (mm).....	42
Figura 14: Distribución mensual en la subcuenca alta del rio Patate (m3/seg).....	43
Figura 15. Nivel de Oxígeno Disuelto (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	45
Figura 16. Nivel de Coliformes Fecales (NMP/10mL) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	46
Figura 17. Nivel de Fosfatos (ug/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	47
Figura 18. Nivel de pH en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	48
Figura 19. Nivel de Arsénico (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	49
Figura 20. Nivel de Nitratos (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	50
Figura 21. Nivel de DBO5 (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	51
Figura 22. Nivel de Solidos Disueltos Totales (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	52
Figura 23. Turbidez (NTU) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu.....	53
Figura 24: ICA NSF	55
Figura 25: Correlación de Pearson anual.....	56
Figura 26: Correlación de Pearson mensual.	56
Figura 27. Análisis temporal del río Cutuchi.	57
Figura 28. Análisis espacial del río Cutuchi.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto	4
Tabla 2. Objetivos y Actividades	6
Tabla 3. Parámetros utilizados en los índices fisicoquímicos de calidad de aguas.	10
Tabla 4. Pesos establecidos para los parámetros del ICA	18
Tabla 5. Clasificación que maneja el índice NSF.....	19
Tabla 6. Parámetros por analizar en el Laboratorio de Calidad de Aguas y Sedimentos.....	22
Tabla 7. Características de las estaciones meteorológicas en la subcuenca alta del río Patate	33
Tabla 8. Características de las estaciones meteorológicas para temperatura en la subcuenca alta del río Patate	33
Tabla 9. Punto de muestreo de caudal	34
Tabla 10. Pesos asignados a los parámetros según NSF.	38
Tabla 11. Categorías del índice de calidad de agua NSF	39
Tabla 12. Criterios de Calidad del ICA	44
Tabla 13. Resultados del Índice de Calidad de Agua NSF punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu	54
Tabla 14. Presupuesto.....	59

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación Espacio–Temporal de la Calidad del Agua del Río Cutuchi en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”

Fecha de inicio:

Marzo 2019

Fecha de Finalización:

Febrero 2020

Lugar de Ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga - Río Cutuchi

Facultad que auspicia:

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

Identificación de cuencas hídricas y puntos de descarga para determinar calidad y cantidad de agua.

Equipo de trabajo:

Tutor: Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Coordinadores: Abigail Amparo Barrera Gallo y Jessica Gabriela Cepeda Guasgua

Lector 1: Dr. Polivio Moreno Navarrete

Lector 2: MSc. Patricio Clavijo Cevallos

Lector 3: Mg. Kalina Marcela Fonseca Largo

Área de Conocimiento:

UNESCO: Servicios

Sub área: Protección del medio ambiente

Línea de Investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sub línea 4: Impactos Ambientales

Línea de vinculación:

Servicios: Protección del ambiente y desastres naturales

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Ecuador es uno de los países más privilegiados, por poseer una flora y fauna cuantiosa, sin embargo la ambición, del hombre ha ido dejando años tras años su marca, con daños desafortunadamente irreversibles, y sin duda alguna uno de los sectores más perjudiciales para el medio ambiente ha sido las actividades antropogénicas (residuos agrícolas, desechos líquidos, desfogues domésticos, industrias, aguas de los desfogues de las alcantarillas), que son vertidos directamente al río sin ningún tratamiento previo. En las provincias de Cotopaxi y Tungurahua se encuentran dentro de la cuenca del río Pastaza, subcuenca del río Patate.

El río Cutuchi es afluente del Patate, donde la Contaminación es el principal problema, propiciada principalmente por la ciudad de Latacunga, la cual afecta gravemente a los sistemas de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y Jiménez-Cevallos, que captan directamente las aguas servidas (Lara, 2005). La calidad de agua del río Cutuchi se deteriora significativamente conforme van pasando los años.

La investigación determina los niveles de contaminantes existentes, a través de una evaluación espacio-temporal de la calidad de agua del río Cutuchi, donde se utilizó el índice de calidad de agua ICA NSF, el cual permite conocer el nivel de contaminación, ya que supervisa la calidad de los ríos a través del tiempo, tomando parámetros como OD, coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO^3 , PO_4 , temperatura y turbidez. Pudiendo así determinar el uso potencial del recurso hídrico. Además, se incluye en el estudio el metal pesado arsénico. De esta manera se obtendrá la situación actual de la calidad de agua del río, el mismo que será comparado con estudios anteriores. Generando así, información de calidad y cantidad del agua.

Permitiendo a las autoridades como; Gobiernos Autónomos descentralizados del cantón Latacunga y el cantón Salcedo, a establecer las acciones, técnicas y jurídicas, necesarias para controlar la calidad de las fuentes de contaminación, con el fin de restaurar la calidad del recurso en el cuerpo de agua. El mejoramiento de la calidad del agua permitirá rehabilitar el ecosistema acuático, eliminando los efectos negativos en la salud pública, e incrementando la disponibilidad del recurso hídrico y recuperando los servicios ambientales que éstos brindan. Actualmente existen estudios sobre la calidad del agua en el río Cutuchi, sin embargo, los mismos no ofrecen un panorama mensual o permanente y tampoco consideran las épocas de avenida y de estiaje.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto

TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD APROXIMADA
Directos	Gobiernos Autónomos descentralizados del cantón Latacunga.	325 personas
	Gobiernos Autónomos descentralizados cantón Salcedo	425 personas
		170.489 personas
Indirectos	Habitantes del cantón de Latacunga	Población Femenina: 88.188 Población masculina: 82.301
	Habitantes del cantón de Salcedo	58.216 personas Población Femenina: 30.336 Población masculina: 7.880

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: (INEC, 2019)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación de las aguas superficiales en Ecuador es un problema recurrente que ha sido objeto de estudio en los últimos años. En el país se descargan 2.3 millones de litros de agua residuales, según la secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) estas consecuencias se deben a la presencia de contaminación industrial urbana especialmente los ríos que drenan grandes ciudades. Sin embargo, uno de los inconvenientes que presenta es la valoración de la calidad del agua. Precisamente por la naturaleza multidimensional del concepto de calidad de agua, ya que el monitoreo y la interpretación de los resultados son complicados y de difícil entendimiento para el público en general. La hidrología superficial del río Cutuchi forma parte del Pastaza que desemboca en el Amazonas y en su mayoría, este cause recibe el aporte de varias corrientes de aguas residuales crudas y no tratadas de los diferentes sectores de la población del cantón Latacunga; según el diario El Telégrafo el río Cutuchi se encuentra ubicado entre los seis ríos más contaminados del Ecuador. Así pues, el crecimiento demográfico, las actividades antropogénicas y la combinación de factores ambientales han sido los problemas más relevantes para la contaminación del agua de los ríos en el país y en el cantón Latacunga.

Casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de coliformes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). En la actualidad los estudios realizados en río Cutuchi son escasos y se centran en evaluaciones de la calidad de agua con macro invertebrados y las investigaciones con índices de calidad de agua se realizan a escala interanual sin considerar la variabilidad mensual y su interacción espacial.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Determinar la variación espacio temporal de la calidad de agua del río Cutuchi, a través del índice para aguas superficiales National Sanitation Foundation (NSF).

5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la base de datos hidrometeorológicos de la zona de estudio.
- Determinar la calidad de agua del río Cutuchi mediante el Índice NSF.
- Establecer la variación espacio temporal de la Calidad de Agua del río Cutuchi.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. Objetivos y Actividades

Objetivos	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<p>Analizar la base de datos hidrometeorológicos de la zona de estudio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de estaciones metereológicas e hidrológicas dentro del área de estudio. ❖ Revisión bibliográfica. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Georreferenciación del lugar. ❖ Base de Datos de Temperatura, Precipitación y Caudal. 	<p style="text-align: center;">TÉCNICA:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Recopilación de información bibliográfica <p style="text-align: center;">INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Excel
<p>Determinar la calidad de agua del río Cutuchi mediante el Índice NSF.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación del punto de muestreo ❖ Toma de muestras a analizar ❖ Tratamiento de las muestras en el laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Parámetros de calidad del agua. 	<p>Obtener las muestras de agua y llevarlas a su análisis en el Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos en Quito. Siguiendo normas de conservación de muestras establecidas por la institución.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ MATERIALES: Cooler ❖ EQUIPOS: GPS Cámara fotográfica

			<ul style="list-style-type: none"> ❖ MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> Mascarillas Cofias Mandil Cinta adhesiva ❖ REACTIVOS <ul style="list-style-type: none"> Ácido sulfúrico Ácido Nítrico Álcali Yoduro Sulfato de Magnesio
<p>Establecer la variación espacio temporal de la Calidad de Agua del río Cutuchi</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Búsqueda de bibliografía para comparación de valores teóricos del ICA NSF 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cálculo del Índice NSF para los parámetros establecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ TÉCNICA: <ul style="list-style-type: none"> Observación Utilización de Fuentes Bibliográficas ❖ EQUIPO: <ul style="list-style-type: none"> ICA NSF

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Calidad del Agua

Los índices de calidad de agua son herramientas que permiten identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. Incorporando datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Ruiz et al., 2007). Donde se puede realizar un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales.

Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores (Gallego et al., 2010). Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos: biológicos y fisicoquímicos. (Montero, 2017).

7.2. Índice de Calidad del Agua

Un índice de calidad de agua, hace referencia a una expresión simple de una combinación de diferentes parámetros, los cuales sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo este una herramienta para transmitir dicha información (Torres et al., s. f.). El índice puede ser representado por un número, un rango, un símbolo o un color y cuya ventaja radica, en que la información puede ser fácilmente interpretada (*Icatest_capitulo3.pdf*, s. f.).

7.2.1. Características de los índices en general de Calidad del Agua

- Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos.
- Pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones.

- Son entendibles al público, los medios y los usuarios.
- Representan una parte o un aspecto particular del problema.
- Deben ser interpretados con precaución, en forma crítica y ser actualizados periódicamente.

Un Índice de calidad de agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua en una determinada fecha de muestreo y se expresa como porcentaje del agua pura; siendo así que, un agua altamente contaminada presenta un ICA cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un índice cercano a 100% (Ramos, s. f.).

7.3. Índices Fisicoquímicos de Calidad de las Aguas

7.3.1. Índice de Calidad General (ICG)

Es muy utilizado por las distintas Confederaciones Hidrográficas españolas para medir la calidad o el grado de contaminación de las aguas. Este índice fue empleado en la investigación “ANÁLISIS DE LA CALIDAD GENERAL DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR: PERIODO 2000-2009”, con objeto de evaluar la calidad de las aguas superficiales circulantes por la cuenca hidrográfica del Júcar. El ICG es el índice con mayor complejidad ya que su aplicación incurre en altos gastos económicos y requiere de una gran cantidad de tiempo para realizar el estudio pertinente (Caho-Rodríguez & López-Barrera, 2017). Ya que se obtiene a partir de 23 parámetros procesados mediante ecuaciones lineales, de los cuales nueve se utilizan siempre (básicos) y 14 según su influencia en la calidad (complementarios). (Montero, 2017)

7.3.2. Índice Simplificado de Calidad De Aguas (ISQA)

Este índice permite asignar un valor a la calidad del agua utilizando cinco parámetros: Temperatura (°C), Demanda Química de Oxígeno (DQO5), Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad (Cond) y Sólidos suspendidos (SS), tal y como lo demuestra en la investigación “Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQA”(Raxhón, s. f.).

7.3.3. Índice Automático de Calidad de Aguas (IAQA)

Es una variante del ISQA, en la que se utiliza siempre COT como parámetro A y turbidez como parámetro B. Los valores de los parámetros se obtienen de redes automáticas de control, lo que facilita resultados en tiempo real y en continuo. (Salazar, 2016).

7.3.4. Índice Holandés de Calidad De Agua (IHCA)

La calidad de agua puede estimarse por medio de la asignación de puntajes según el sistema holandés de valoración de calidad Físico química del agua para cuerpos receptores (Solera & Morales, s. f.). Los parámetros de este sistema son: %OD, DBQO5, y el Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$).

7.4. Parámetros Utilizados en los Índices Físicoquímicos de Calidad de Aguas

Mediante estos índices se podrá obtener un valor numérico adimensional que engloba las magnitudes de ciertos parámetros individuales, cuyo número y tipo varía según el índice, los parámetros más comúnmente utilizados en los índices se exponen en la siguiente **Tabla 3**:

Tabla 3. Parámetros utilizados en los índices físicoquímicos de calidad de aguas.

PARÁMETROS UTILIZADOS EN LOS ÍNDICES FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUAS		
Parámetros organolépticos	Color	
	Turbidez	
	Olor	
	Sabor	
Parámetros físicos	Sólidos totales (residuo seco)	Sólidos suspendidos (sedimentables y no sedimentables)
		Sólidos filtrables (coloidales y disueltos)
	Temperatura	
	Conductividad	
	Radiactividad	
Parámetros químicos	Salinidad	
	Dureza	

		pH
		Alcalinidad
		Acidez
		Oxígeno disuelto
		Materia orgánica
		DBO (demanda biológica de oxígeno)
		DQO (demanda química de oxígeno)
		COT (carbono orgánico total)
		Bionutrientes (N,P)
	Otros compuestos	Metales pesados
		Aniones y cationes
		Sustancias indeseables
		Sustancias tóxicas
Parámetros microbiológicos	Indicadores	Coliformes (totales y fecales)
		Estreptococos fecales
		Enterococos fecales
		Ensayos específicos (salmonela, legionela...)

Fuente: (Aureum, 2014)

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

7.5. Índice De La Fundación Nacional De Saneamiento (NSF)

El índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporations" (Miranda, 2016)

El ICA NSF fue desarrollado para comparar la calidad del agua de los ríos en varios estados. El cual puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además de compararlos con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo en particular de dicho río es adecuado o no para el aprovechamiento del agua para consumo humano.

a) Selección de parámetros

Para el desarrollo del ICA NSF se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada esencialmente en tres pasos. Fuente: (Ott, 1978)

- a) Probaron 35 variables de contaminación basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático o foco de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: no incluido, indeciso o incluido, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa.
- b) Evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron nueve variables de mayor importancia: OD%, coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO_3^- , PO_4^{-3} , temperatura y turbidez.
- c) Se asignaron los pesos relativos o peso de importancia del parámetro (w_i) correspondientes a los factores de contaminación en aguas de acuerdo con el uso del agua e importancia de los parámetros en relación con el riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

Con esta última etapa se construyen niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100 donde se establece la calidad del mismo.

7.5.1. Parámetros del Índice ICA NSF

En el diseño para la determinación del índice, interviene nueve parámetros físicos, químicos y biológicos.

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO_3 en mg/L)

- Fosfatos (PO4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Para determinar el valor del ICA NSF se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i)$$

Dónde:

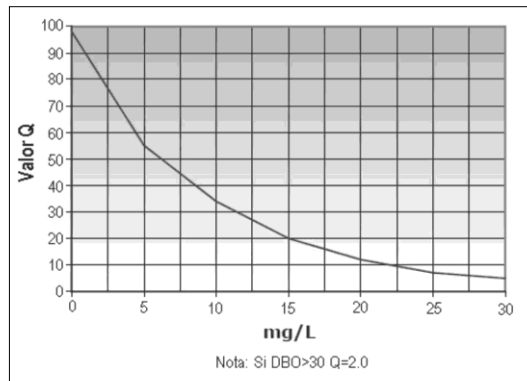
- ✓ ICA: índice de Calidad de Agua
- ✓ Sub_i : Subíndice del Parámetro i
- ✓ W_i : Factor de Ponderación para el Subíndice i.

El Sub_i se toma de las curvas de función para cada parámetro, estas curvas arrojan valores entre 0 y 100 que indican la calidad del agua respecto a cada parámetro. Las curvas fueron diseñadas a la vez que el método en sí.

7.5.1.1. Curvas de Valoración para el Cálculo del ICA NSF

Los pasos a seguir para calcular los (Subi) del Índice de Calidad General son:

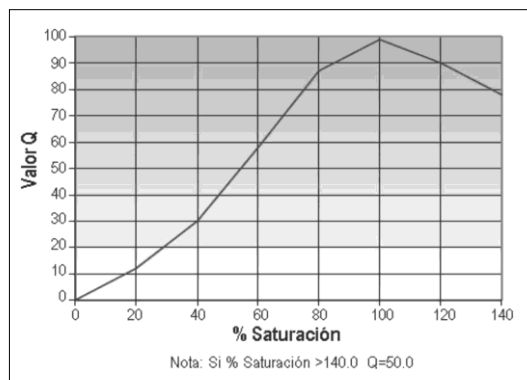
Figura 1: Función de Calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L. Buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub1) de DBO5 y se procede a elevarlo al peso w1.

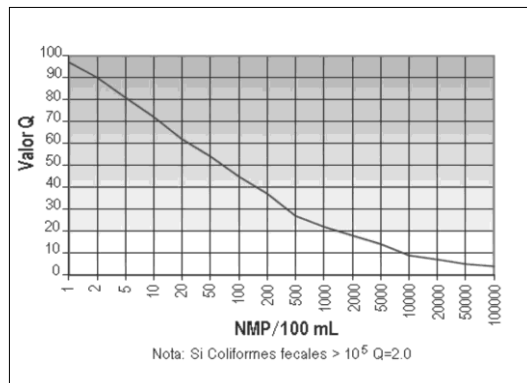
Figura 2. Función de Calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Sub9) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub2) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w2.

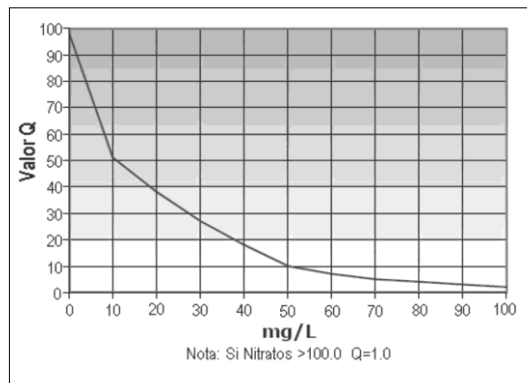
Figura 3: Función de Calidad NSF Coliformes Fecales.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si los Coliformes Fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub3) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub3) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w_3 .

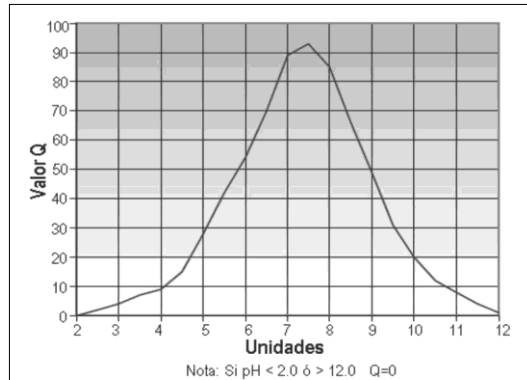
Figura 4: Función de la Calidad NSF Nitratos.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4 .

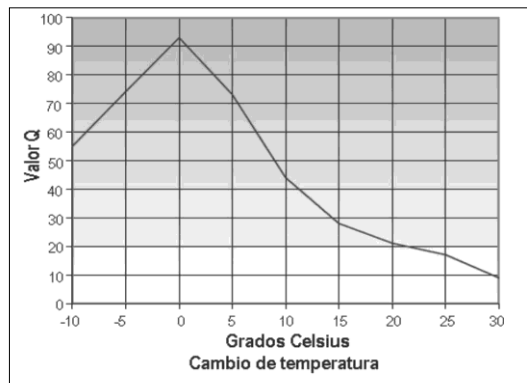
Figura 5: Función de Calidad NSF Potencial de Hidrogeno



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub5) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub5) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub5) de pH y se procede a elevarlo al peso w5.

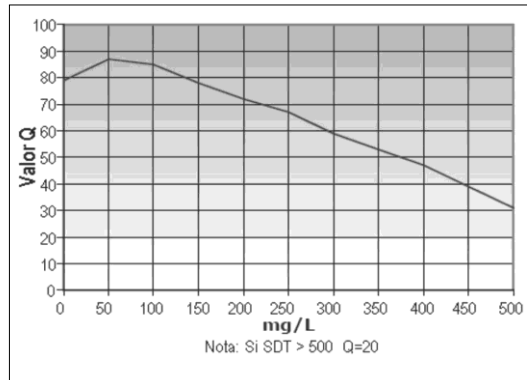
Figura 6: Función de Calidad NSF Temperatura



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Para el parámetro de Temperatura (Sub6) primero hay que calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub6) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w6.

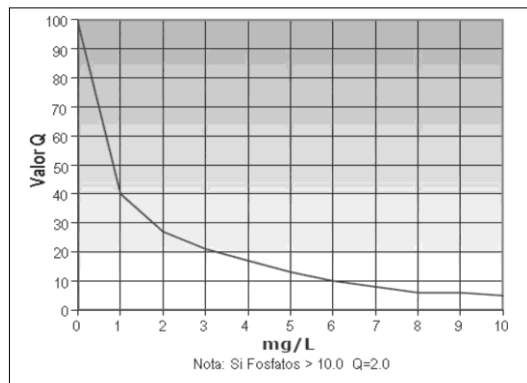
Figura 7: Función de Calidad NSF Solidos Disueltos Totales.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub7) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 7, se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub7) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_7 .

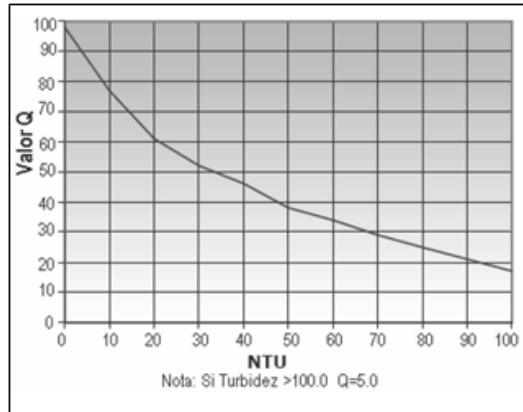
Figura 8: Función de Calidad NSF Fosfatos.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub8) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub8) y se procede a elevarlo al peso w_8 .

Figura 9: Función de Calidad NSF Turbidez.



Fuente: (Cajacuri, 2015)

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub9) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub9) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w_9 . Una vez teniendo el valor de Sub_i , éste se multiplica por W_i , que es la importancia del parámetro, la cual fue establecida desde el diseño de este índice de calidad en 1970.

Para determinar la importancia de cada parámetro se tomó la opinión de más de 100 expertos en materia de calidad del agua y se establecieron los siguientes valores. Ver **Tabla 4**.

Tabla 4. Pesos establecidos para los parámetros del ICA

i	Sub_i	W_i
1	DBO5	0.10
2	Oxígeno Disuelto	0.17
3	Coliformes Fecales	0.15
4	Nitratos	0.10
5	pH	0.12
6	Temperatura	0.10
7	Sólidos disueltos Totales	0.08
8	Fosfatos	0.10
9	Turbidez	0.08

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: Cálculo de NSF Índice de Calidad del Agua

Después de aplicar la fórmula se obtiene un valor entre 0-100 y depende de dicho valor la clasificación de la calidad de agua.

Tabla 5. Clasificación que maneja el índice NSF

Calidad	Rango	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Media	51-70	Amarillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Rojo

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: Cálculo de NSF Índice de Calidad del Agua

Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la Calidad del Agua con base a la siguiente **Tabla 5**. Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

- a) Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.
- b) Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.
- c) Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

7.6. Contaminación del agua

El agua cubre alrededor de 70% de la superficie del planeta, pero el 97.5 % corresponde a agua salada, el 2.5% es agua dulce; sin embargo, de este porcentaje el 1.7% está atado en hielo y glaciares a nivel global, el 0.7% está en el subsuelo (Agua en el planeta – Agua.org.mx, s. f.). Es decir que toda el agua que existe a nivel superficial representa solamente el 0.1% del agua a nivel global.

La contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña e indeseable que deteriora su calidad. (Principios básicos de contaminación ambiental, 2003). Así también la calidad del agua puede definirse como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es para uso del hombre y de los animales, para soporte de los ecosistemas, para riego de la tierra y para la recreación. La materia extraña contaminante podrá ser o no materia inerte, así como la de los compuestos de contaminantes tóxicos persistentes tales como: pesticidas, metales pesados; plomo o mercurio, compuestos químicos no degradables y bioacumulativos o materia viva como la de microorganismos.

La contaminación del agua afecta al medio ambiente debido a que la misma es imprescindible para la supervivencia del ser humano y demás especies vivas, estas al ser contaminadas disminuye su calidad debido a que las aguas residuales hace que las bacterias se acumulen, de igual manera elementos tóxicos y altamente contaminantes tanto para el suelo, así como para el consumo humano (Bofill-Mas et al., 2005).

Otro inconveniente de la contaminación del agua es la desaparición de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos, afectando así los ecosistemas ya que el recurso hídrico al estar en contacto con sustancias nocivas pierde la calidad y por ende la disponibilidad y al acceso a la misma poniendo de esta manera en riesgo a las especies que viven en este medio, todo esto a causa del incremento de la temperatura, que provoca alteraciones del agua al disminuir el oxígeno en su composición. (Vargas, Marcos, 2005).

De la misma manera la afectación a las personas esto se sustenta en varios estudios han demostrado que hasta los países altamente industrializados tienen una alta prevalencia de virus en el medio ambiente el mismo que causa un gran impacto en la salud pública y a la vez una importante pérdida económica especialmente por la trasmisión de virus por agua y los alimentos. (Bofill-Mas et al., 2005).

7.7. Contaminación del agua en el río Cutuchi

El río Cutuchi, está ubicado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga sus aguas provienen de los páramos del Cotopaxi su recorrido es de norte a sur atravesando poblaciones, industrias y el centro poblado del cantón Latacunga; todos estos centros desfogon en el río las aguas servidas sin un tratamiento previo, esa misma agua posteriormente es utilizada para irrigar los campos de donde provienen hortalizas y legumbres, para consumo humano regional y nacional (Telégrafo, 2015). Aproximadamente 17 mil agricultores utilizan estas aguas infectadas, para regar 26 mil hectáreas de cultivos en Cotopaxi y Tungurahua. (Carlos Gutierrez Al.pdf, s. f.).

Así también los ganaderos cercanos a este río utilizan esta agua para hidratar a bovinos, que posteriormente son utilizados para la producción de leche y carne para el consumo humano.

Entre los negocios que contaminan el Cutuchi están 41 industrias metalúrgicas, curtiembres, talleres de ensamblaje, aglomerados, bebidas, procesamiento de carnes, floricultoras, plásticos y embutidos.

De acuerdo con análisis efectuados al agua, entre los elementos tóxicos que sobrepasan la Norma Ambiental Vigente constan: son las Coliformes Fecales y los Fosfatos (Telégrafo, 2015).

7.8. Variación espacial y temporal

En el campo hídrico la variación espacial; hace referencia a las variaciones estacionales tanto de la época seca como de la lluviosa, en un espacio geográfico y tiempo determinado; la variación espacial y temporal es fundamental al momento de evaluar la calidad de agua del río Cutuchi AJ Yanayacu, ya que utiliza como datos para el análisis los establecidos en el índice de calidad de agua Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). (Guzmán-Colis et al., 2011).

7.9. Parámetros para analizar en el Laboratorio de Calidad de Aguas y Sedimentos.

Tabla 6. Parámetros por analizar en el Laboratorio de Calidad de Aguas y Sedimentos

o.	PARÁMETROS	MÉTODO REFERENCIA	DE UNIDADES
1	Coliformes Fecales	SM 9221 E 1	NMP/100 ml
2	pH	SM 4500 - H.B	upH
3	DBO5	SM 5210B	mg/L
4	Nitratos	SM 4500 -NO3- B	mg/L
5	Fosfatos	SM 4500-P C	mg/L
6	Temperatura	-	°C
7	Turbidez	SM 2130 B	NTU
8	Sólidos disueltos Totales	SM 2540-D	mg/L
9	Oxígeno Disuelto	SM 4500O-C	mg/L
10	Arsénico	SM 3114 B	ug/L

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: LANCAS- INAMHI.

7.10. Marco Legal

Constitución de la República del Ecuador

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, su TÍTULO correspondiente a ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO del Capítulo primero que trata a cerca de los Principios fundamentales, establece en su:

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado. Para lo cual determina textualmente en su numeral: “7. Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

En el Capítulo segundo de los Derechos del buen vivir en su Sección primera correspondiente al Agua y alimentación, en sus artículos 12 y 13 textualmente manifiesta:

“**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”.

“**Art. 13.-** Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”.

“**Art. 14** de la constitución reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, SUMAK KAWSAY. A la vez que declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”

“**Art. 72.-** de la Constitución manifiesta textualmente “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.”

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas”.

Art. 264.- de la Constitución, se plantean competencias exclusivas a los gobiernos municipales sin perjuicio de otras que determine la ley, y entre ellas textualmente se encuentra el numeral:

“4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

La Ley Orgánica de salud, en el Libro Segundo; salud y seguridad ambiental, Capítulo II De los desechos comunes, infecciosos, especiales, y de las radiaciones ionizantes; en el:

Art. 104.- dice “Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades”

La Ley de Gestión Ambiental

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, EN EL TITULO I ÁMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL en su:

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, EN SU CAPITULO III DEL SISTEMA DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN AMBIENTAL en su:

Art. 10.- Las instituciones del Estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y se someterán obligatoriamente a las directrices establecidas por el Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable.

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, CAPITULO IV DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES DEL ESTADO en su:

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;

e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;

- f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y,
- g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, TITULO III INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN SU CAPITULO II DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y DEL CONTROL AMBIENTAL en su:

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo,

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de estos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, CAPITULO V INSTRUMENTOS DE APLICACIÓN DE NORMAS AMBIENTALES en su:

Art. 33.- Establéense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, TITULO VI DE LA PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS AMBIENTALES en su:

Art. 41.- Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédase acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicio de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución Política de la República.

Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente. (TULSMA)

La NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, LIBRO VI ANEXO 1, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA y las Ordenanzas 012 y 031 R.O:26 de 05-07-99 y R.O: 74 de 10-05-00. Bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y que es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se aplicarán los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en su más reciente edición. Además deberán consideraran las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

1. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.
2. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

La Codificación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental RO Suplemento 418 del 10 de Septiembre de 2004, en sus artículos determina:

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, al flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Los 437 A al 437 J del Código Penal ecuatoriano, los cuales se encargan de sancionar las conductas que atentan en contra del medio ambiente.

Conforme a lo previsto en el Art. 54 del COOTAD, son funciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, entre otras, las siguientes:

k).- “Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales”;

Artículo 431 del COOTAD, de la gestión integral del manejo ambiental, determina que los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.

Si se produjeren actividades contaminantes por parte de actores públicos o privados, el gobierno autónomo descentralizado impondrá los correctivos y sanciones a los infractores sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal a que hubiere lugar y pondrán en conocimiento de la autoridad competente el particular, a fin de exigir el derecho de la naturaleza contemplado en la Constitución.

En uso de las atribuciones que le concede el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización y la Constitución de la República.

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

Art. 1. La presente ordenanza tiene por objeto la descontaminación, y protección del río Cutuchí, Pumacunchí, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales o subterráneos del cantón Latacunga.

Art. 2. El ámbito de aplicación de la presente ordenanza será a nivel cantonal, y estarán sujetos de la misma los sectores, industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal, minero, metalúrgico, papelerero, lácteo, florícola, brocolero, y de servicios (lubricadoras, lubrilavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros), asentados en el territorio cantonal de Latacunga.

Art. 4. Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, todas las obras, proyectos de tipo público y privado, a nivel de servicios e industrial deberán aplicar buenas prácticas ambientales e implementar plantas de tratamiento de aguas negras, residuales, descargas industriales, domésticas y otras que alteren las condiciones físico, químicas y biológicas del agua, y atenten la calidad del Río Cutuchí, los ríos, Pumacunchí, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos que son parte del sistema hidrográfico mayor de la cuenca del Río Pastaza y perjudique el bienestar colectivo y de los recursos hídricos del cantón Latacunga.

Art. 8. Es obligación de todos los sectores productivos y de servicios públicos y privados, industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal, minero, metalúrgico, papelerero, lácteo, florícola, brocolero, y de servicios (lubricadoras, lubrilavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros), asentados en el territorio cantonal de Latacunga, mantener un adecuado manejo y tratamiento de desechos sólidos de todo tipo, vertidos y descargas, que contaminen el agua y propendan procesos de bioacumulación.

Art. 10. Prohíbese las descargas de aguas crudas (servidas), negras, de origen industrial, agrícola, de servicios tanto público como privado y otras contempladas en el artículo 9 sin su debido tratamiento, al Río Cutuchí, los ríos, Pumacunchí, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos a nivel cantonal.

Art. 16. DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE CUMPLIMIENTO.- Los establecimientos que hayan obtenido el permiso de funcionamiento, ingresan automáticamente a un Programa de Monitoreo de Cumplimiento de las Normas Técnicas en lo referente al recurso agua, dos veces al año, conforme los criterios técnicos establecidos en el libro VI anexo 1, de la

norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, contemplado en la Ley de Gestión Ambiental.

Considerando criterios generales de descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce, así:

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.

Los análisis de laboratorio, serán costeados por los sujetos públicos y privados contemplados en Art. 2 de la presente ordenanza.

Art.17. DERECHO DE INSPECCIÓN.- El Jefe Departamental, asistente técnico e inspector de la Jefatura de Control ambiental, están facultados para realizar inspecciones con la Comisión de Medio Ambiente y Producción, al Cutuchí y los ríos, Pumacunchí, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos cantonales. Además de tomar las muestras de vertidos, descargas para su caracterización. De igual forma se procederá con los desechos generados en las instalaciones de los establecimientos o actividades públicas y privadas sujetos de esta Ordenanza, contempladas en el Art. 2.

Art. 19. DE LAS CLASES DE INFRACCIONES.- Son conductas infractoras de esta Ordenanza, las siguientes:

- 1.- Descargar aguas crudas (servidas), negras, de origen industrial, agrícola, de servicios tanto público como privado sin su debido tratamiento convencional o avanzado, a los ríos y demás afluentes superficiales y subterráneos del cantón. Su multa será de 40 RBUTP.

8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El muestreo en espacio y tiempo, permitirán evaluar la calidad del agua del río Cutuchi en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi?

9. METODOLOGÍA

La evaluación espacio temporal de la calidad de agua del río Cutuchi se procedió a partir de un enfoque cuantitativo mediante tres etapas:

- Recolección de muestras de agua del río Cutuchi , las cuales fueron analizadas bajo la colaboración del Laboratorio Nacional De Calidad Del Agua y Sedimentos (LANCAS) del Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI).
- Análisis exploratorio de datos hidrometeorológicos disponibles del punto de muestro del río Cutuchi, estación H0792 AJ Yanayacu.
- Aplicación del Índice National Sanitation Foundation (NSF), el cual determinará la calidad de agua actual del río en estudio.

9.1. Área de estudio

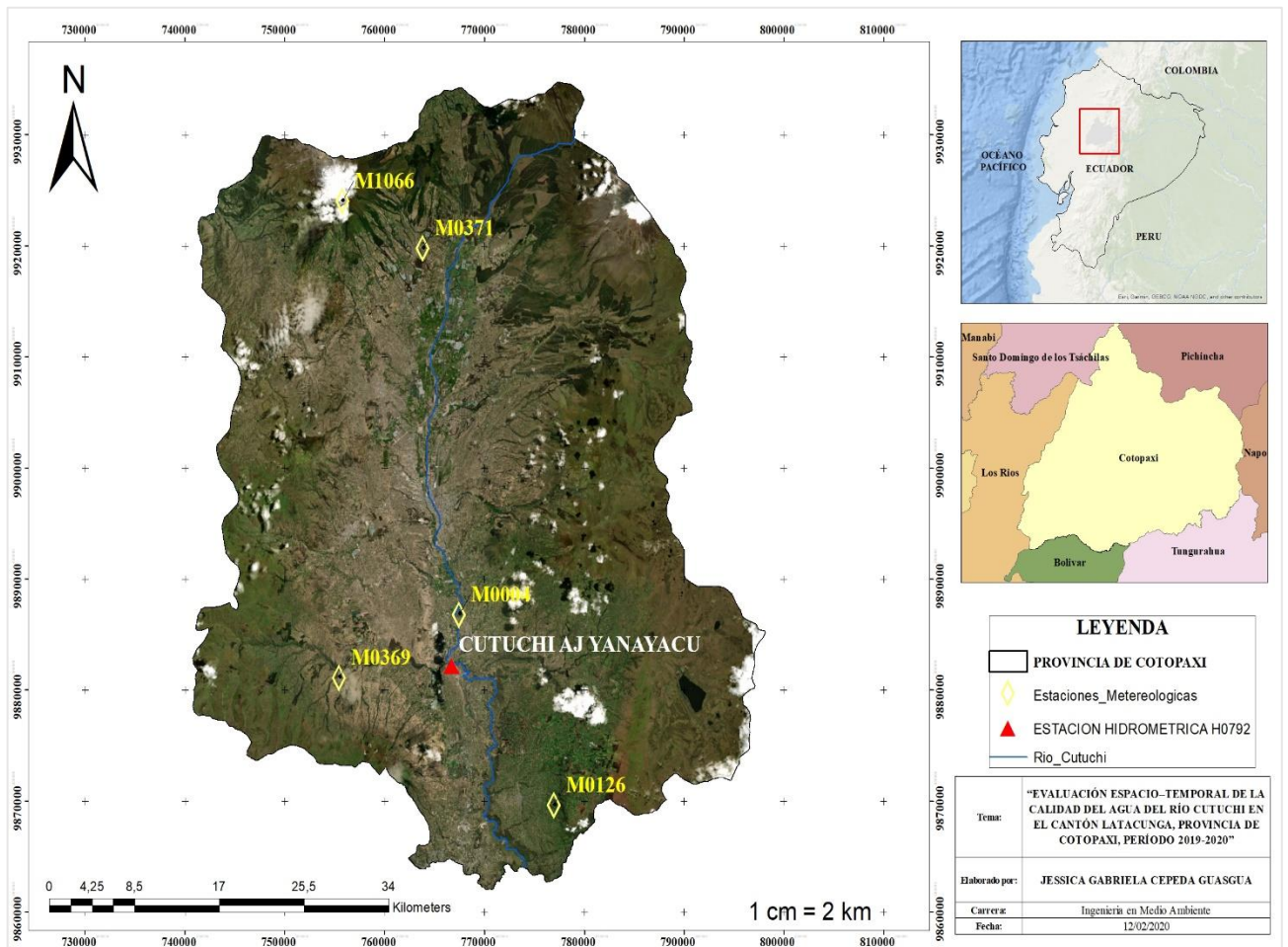
El río Cutuchi fluye de norte a sur constituyendo la principal arteria fluvial de la subcuenca alta del río Patate, en la que se asienta la ciudad de Latacunga (Figura 10). Este río se origina en los deshielos del Cotopaxi, tiene una longitud de 11.7 kilómetros dentro de la cual recibe las descargas tanto de domicilios como de empresas (Enríquez, 2016).

La altitud va desde los 2500 a 5897 msnm (volcán Cotopaxi). Presenta varios afluentes como los ríos Saquimala, Alaquez, Yurahuaycu, Illuchi y Yanayacu y por el costado occidental a los ríos Blanco, Pumacunchi, Isinche y Nagshiche.

El área de estudio se ubica en los Andes ecuatorianos, por acciones combinadas de tectonismo con vulcanismo andino y los diferentes episodios de erosión y rellenamiento de esta zona, han

conformado en la parte central una gran terraza de un potente depósito laharrítico proveniente del volcán Cotopaxi. Este depósito aproximadamente termina en la confluencia de los ríos Nagsiche y Yanayacu con el Cutuchi. (QUINATOA, 2015)

Figura 10: Subcuenca alta del río Patate



Elaborado por: Cepeda Jessica (2020)

9.1.1. Análisis espacial

Para la delimitación del área de análisis, se tomó en consideración el punto de muestreo de calidad y cantidad en la estación hidrométrica del INAMHI, Cutuchi AJ Yanayacu (H0792) y para el análisis hidrológico se tomó en cuenta cinco estaciones meteorológicas dentro del área de estudio, las cuales proporcionaron datos para el respectivo análisis.

9.2. Análisis temporal

Se analizó la calidad de agua del río Cutuchi según su temporalidad, es decir época seca y lluviosa. Caudales de venida y estiaje, también se consideraran para el análisis, la verificación de las fluctuaciones de calidad en relación con estas variables.

9.3. Análisis de datos

9.3.1. Análisis exploratorio de datos

Para el análisis exploratorio de datos: precipitación, temperatura y caudal, se tomó información de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI), los cuales presentan una insuficiencia en datos. Razón por la cual se aplicó el método de la media aritmética y razón Q, para la completación de datos faltantes, y así realizar un análisis más concreto.

Para el análisis exploratorio de datos de parámetros físico químicos y microbiológicos se tomó información de publicaciones realizadas por estudios del Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, así como la evaluación mensual de septiembre 2019 a enero 2020.

9.4. Caracterización Hidrológica

9.4.1. Precipitación

La precipitación de la subcuenca alta del río Patate, fue tomada de la base de datos de la Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI). Dentro del cual se seleccionaron cinco estaciones representativas del área de estudio y con menor porcentaje de datos faltantes **Tabla 7**. Se determinó el comportamiento para cada una de las estaciones monitoreadas tanto mensual como anual.

Tabla 7. Características de las estaciones meteorológicas en la subcuenca alta del río Patate

Código	Nombre	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (msnm)	Periodo De Información
M0004	Rumipamba-Salcedo	78G 35' 41" W	1G 1' 12" S	2685	2005-2015
M0126	Patate	78G 30' 33" W	1G 10' 31" S	2220	2005-2015
M0369	Cusubamba	78G 42' 10" W	1G 4' 17" S	3175	2005-2015
M0371	Pastocalle	78G 37' 39" W	0G 43' 19" S	3074	2005-2015
M1066	Cotopilalo convenio INAMHI-CESA	78G 42' 0" W	0G 41' 0" S	3250	2005-2015

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: INAMHI

9.4.2. Temperatura

La caracterización de temperatura de la subcuenca alta del río Patate, se la realizó considerando las mismas estaciones meteorológicas (Tabla 6).

Sin embargo, sólo dos estaciones meteorológicas proporcionaban una base de datos completa para el respectivo análisis Tabla 8.

Tabla 8. Características de las estaciones meteorológicas para temperatura en la subcuenca alta del río Patate

Código	Nombre	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (msnm)	Periodo De Información
M0004	RUMIPAMBA-SALCEDO	78G 35' 41" W	1G 1' 12" S	2685	2005-2015
M0126	PATATE	78G 30' 33" W	1G 10' 31" S	2220	2005-2015

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: INAMHI

9.4.3. Caudal

Los datos de caudal se obtuvieron de la estación hidrométrica Cutuchi AJ Yanayacu, donde se identificó los meses de avenida y estiaje referentes al periodo de estudio.

Tabla 9. Punto de muestreo de caudal

Código	Nombre	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (msnm)	Periodo De Información
H0792	Cutuchi AJ Yanayacu	78G 36' 13" W	1G 3' 55" S	2582	2005-2015

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

9.5. Calidad de agua

La información de los diferentes parámetros de calidad de agua se obtuvo de la base de datos del Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos (LANCAS-INAMHI), producto de un monitoreo anual fisicoquímico y microbiológico del río Cutuchi. También se tomó información de varios autores. Donde se seleccionó solo datos de los parámetros establecidos dentro del ICA NSF como: Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, DBO5, Fosfatos totales, Nitratos, Turbidez, Solidos Disueltos Totales y pH. Los datos obtenidos fueron en un periodo de cinco años.

También se incluye el análisis de arsénico en el agua del río Cutuchi, debido a que es un metal de alta toxicidad que puede tener repercusiones en la salud humana.

9.5.1. Monitoreo

De la base de datos obtenida del LANCAS, se procedió al estudio de un periodo de cinco años (2011-2015). Asimismo, se realizó un muestreo mensual, periodo de septiembre a diciembre del 2019 y enero del 2020.

El análisis de los parámetros analizados en el LANCAS se realizó bajo técnicas de ensayo acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) y los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

Las técnicas para los distintos parámetros son: Volumetría para Oxígeno Disuelto y DBO5, Espectrofotometría para Fosfatos y Nitratos, Nefelometría para Turbidez; Absorción Atómica para Arsénico, Electrometría para pH, Gravimetría para Sólidos totales disueltos y, la Fermentación en Tubos Múltiples para Coliformes Fecales.

En el Anexo 1 se detallan los datos obtenidos para los periodos de análisis y el periodo de muestreo.

9.6. Índice de Calidad de Agua

El ICA posibilita la evaluación de los constituyentes que afectan la calidad del agua para sus diferentes usos. Esto aumenta la capacidad de comprensión de los problemas de calidad del agua tanto por parte de los responsables políticos, como del público y demás usuarios de los recursos hídricos.

El índice de calidad de agua empleado en el presente trabajo de investigación se basa en la metodología desarrollada por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica (NSF), dado que tiene la ventaja de ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, además de involucrar el análisis de variables de mayor importancia para la determinación de calidad de aguas.

a) Cálculo del ICA NSF

Ecuación para determinar el factor de escala Q para los parámetros involucrados en el NSF.

Fuente: (MATEUS, 2013)

Para el cálculo del índice de calidad del agua ICA NSF, se escogió la ecuación del promedio geométrico ponderado propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento.

Al tener nueve parámetros con diferentes unidades con una escala adimensional, permitió obtener subíndices para cada parámetro, las ecuaciones correspondientes son:

i. Cálculo modelo del subíndice QDBO5.

Condición, Si $DBO5 \geq 30$; $QDBO5 = 2$

$$Q_{DBO5} = (1.8677 * 10^{-4})(DBO)^4 - (1.6615 * 10^{-2})(DBO)^3 + (5.9636 * 10^{-1})(DBO)^2 - (1.1152 * 10^1)(DBO)^1 + 1.0019 * 10^2$$

ii. Cálculo modelo del subíndice Qi del %OD.

El dato de OD entregado por el laboratorio está expresado en mg/L para lo que fue necesario calcular a porcentaje de saturación. Donde se utilizó la página web (<https://www.waterontheweb.org/under/waterquality/dosatcalc.html>)

Condición, Si $\%OD \geq 140$; $Q\%OD = 50$

$$Q_{\%OD} = (3.1615 * 10^{-8})(OD\%)^5 - (1.0304 * 10^{-5})(OD\%)^4 + (1,0076 * 10^{-3})(OD\%)^3 - (2.7883 * 10^{-2})(OD\%)^2 + (8.4068 * 10^{-1})(OD\%) + 1.6120 * 10^{-1}$$

iii. Cálculo modelo del subíndice Qi de Coliformes Fecales.

Condición, Si Coliformes fecales ≥ 100000 ; $Q_{coli} = 20$

$$\ln Q_{coli} = -0.0152(\ln C)^2 - 0.1063(\ln C) + 4.5922$$

iv. Cálculo modelo del subíndice Qi de Nitratos.

Condición, Si Nitratos ≥ 100 ; $Q_{NO_3^-} = 1$

$$Q_{NO_3^-} = (3.5603 * 10^{-9})(NO_3^-)^6 - (1.2183 * 10^{-6})(NO_3^-)^5 + (1,6238 * 10^{-4})(NO_3^-)^4 - (1.0693 * 10^{-2})(NO_3^-)^3 + (3.7304 * 10^{-1})(NO_3^-)^2 - (7.5210)(NO_3^-)^1 + 1.0095 * 10^2$$

v. Cálculo modelo del subíndice Qi de pH

Condición, Si $pH < 2$ o $pH > 12$; $Q_{pH} = 0$

Para $pH > 7.5$:

$$Q_{pH} = (-1.11429)pH^4 + (44.50952)pH^3 - (656.60000)pH^2 + (4215.34762pH) - 9840.14286$$

vi. Cálculo modelo del subíndice Qi de ΔT .

$\Delta T = T_{amb} - T_{agua}$

$$Q_{\Delta T} = (1.9619 * 10^{-6})(\Delta T^6) - (1.3964 * 10^{-4})(\Delta T^5) + (2.5908 * 10^{-3})(\Delta T^4) + (1.5398 * 10^{-2})(\Delta T^3) - (6.7925 * 10^{-1})(\Delta T^2) - (6.7204 * 10^{-1})(\Delta T^1) + 9.0392 * 10^1$$

vii. Cálculo modelo del subíndice Qi de Sólidos Totales Disueltos.

Condición, Si Solidos Disueltos Totales > 500 ; $Q_{STD} = 3$

$$Q_{STD} = (-4.4289 * 10^{-9})(STD)^4 + (4.650 * 10^{-6})(STD)^3 - (1.9591 * 10^{-3})(STD)^2 + (1.897 * 10^{-1})(STD) + 8.0608 * 10^1$$

viii. Cálculo modelo de subíndice de Fosfatos.

Condición, Si Fosfatos > 10 ; $Q_{PO_4} = 20$

$$Q_{PO_4^{-3}} = (4.67320 * 10^{-3})(PO_4^{-3})^6 - (1.61670 * 10^{-1})(PO_4^{-3})^5 + (2.20595)(PO_4^{-3})^4 - (1.50504 * 10^1)(PO_4^{-3})^3 + (5.38893 * 10^{-1})(PO_4^{-3})^2 - (9.98933 * 10^1)(NO_3^-)^1 + 9.9831 * 10^1$$

ix. Cálculo modelo del subíndice Qi de Turbiedad.

Condición, Si Turbiedad >100; $Q_{Turbiedad} = 5$

$$Q_{Turb} = (1.8939 * 10^{-6})(Turb)^4 - (4.9942 * 10^{-4})(Turb)^3 + (4.9181 * 10^{-2})(Turb)^2 - (2.6284)(Turb)^1 + 9.8098 * 10^1$$

Cálculo modelo del ICA (Promedio Aritmético Ponderado NSF) para el punto de muestreo del Río Cutuchi AJ Yanayacu. Una vez obtenidos los subíndices de cada parámetro, se procede a realizar el cálculo del índice de calidad del agua ICA ecuación $WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$, utilizando factores de ponderación de cada parámetro establecidos por la NSF, los mismos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Pesos asignados a los parámetros según NSF.

Parámetros	Unidades	Factor De Ponderación W_i
Oxígeno disuelto	%	0,17
Coliformes fecales	#/100mL	0,16
DBO5	mg/L	0,11
ΔT	°C	0,1
Fosfatos totales	mg/L	0,1
Nitratos	mg/L	0,1
Turbidez	NTU	0,08
Solidos Disueltos Totales	mg/L	0,07
pH	unidades	0,11

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: (SNET, 2000)

c) Categorías de calidad del agua

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación de agua en estudio. Donde se establece, la calidad de agua clasificándose de la siguiente manera:

Tabla 11. Categorías del índice de calidad de agua NSF

CALIDAD DE AGUA	VALOR
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Pesima	0 a 25

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica

Fuente: (SNET, 2000)

- ICA de categoría “Excelente”: son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática.
- ICA de categoría “Regular”: tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.
- ICA de categoría “Mala”: presenta problemas fuertes de contaminación.
- ICA de categoría “Pésima”: no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella.

9.7. Relación calidad – cantidad

La relación calidad – cantidad se obtuvo por medio del cálculo de los coeficientes de correlación de Pearson ($p < 0.001$) para la matriz de datos del ICA NSF y caudales. El coeficiente de correlación de Pearson viene definido por la siguiente expresión:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

El coeficiente de correlación de Pearson hace referencia a la media de los productos cruzados de las puntuaciones estandarizadas de X y de Y. Esta fórmula reúne algunas propiedades que la hacen preferible a otras. A operar con puntuaciones estandarizadas es un índice libre de escala de medida. Por otro lado, su valor oscila, como ya se ha indicado, en términos absolutos, entre 0 y 1. (Domenech, 1985).

9.8. Análisis espacial

El análisis espacial se llevó a cabo mediante una comparación de los datos de caudal existentes del río Cutuchi AJ Yanayacu (H0792) y datos disponibles de las diferentes estaciones meteorológicas (temperatura y precipitación) existentes en el lugar.

9.9. Análisis Temporal

El análisis temporal se realizó mediante una comparación del periodo de análisis (2011-2015) y la calidad del agua del río Cutuchi.

9.10. Análisis estacional

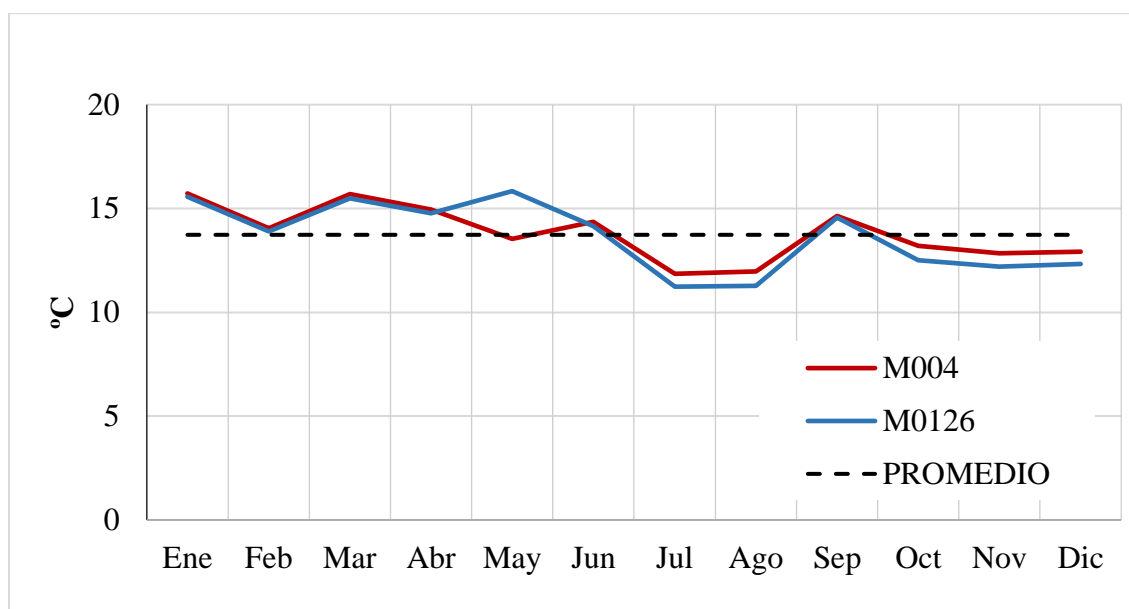
El análisis estacional se llevó a cabo con los datos anuales de los parámetros físicos químico y microbiológico, para su respectiva comparación con datos de caudal para época de avenidas y estiaje.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Caracterización Hidrológica

10.1.1. Temperatura

Figura 11: Temperatura mensual en la subcuenca alta del río Patate (°C)

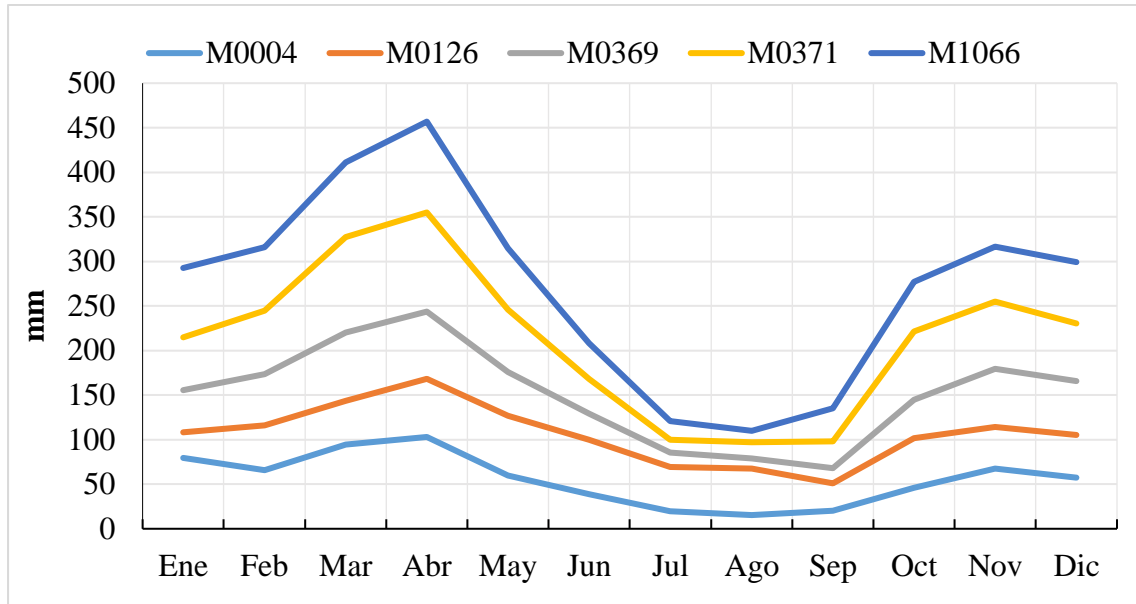


Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

De acuerdo a la Figura 11, la temperatura presentó una variación de 11.2 a 15.8 °C para un periodo de 10 años (2005-2015), la temperatura promedio anual es de 13.7 °C. Se aprecia temperaturas máximas dentro del mes de mayo con 15.8 °C, y temperaturas mínimas en los meses julio 11.2°C y agosto con 11.3°C.

10.1.2. Precipitación

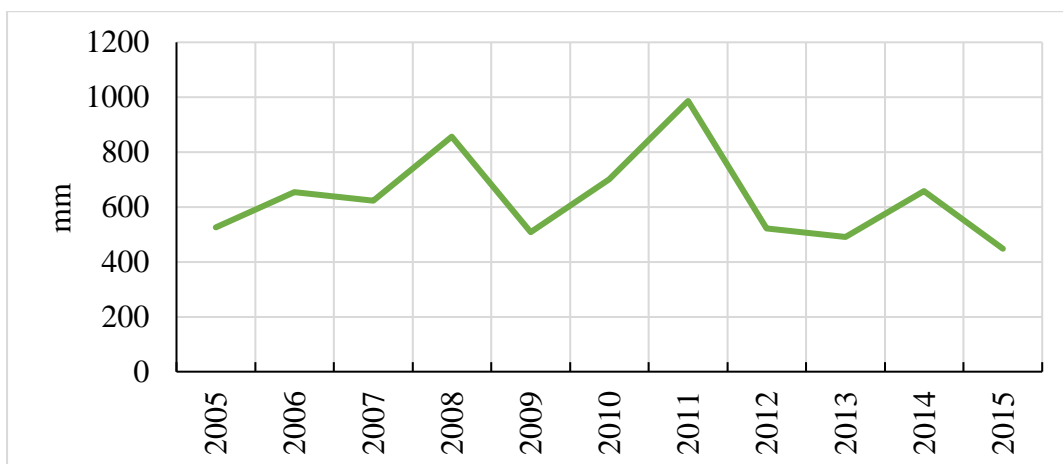
Figura 12: Precipitación mensual en la subcuenca alta del río Patate (mm)



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

De acuerdo a la Figura 12, la distribución de la precipitación en la subcuenca alta del río del Patate, tiene como el mes con mayor precipitación abril (111 mm), por otro lado, el mes más seco fue agosto (11mm).

Figura 13: Precipitación anual en la subcuenca alta del río Patate (mm)



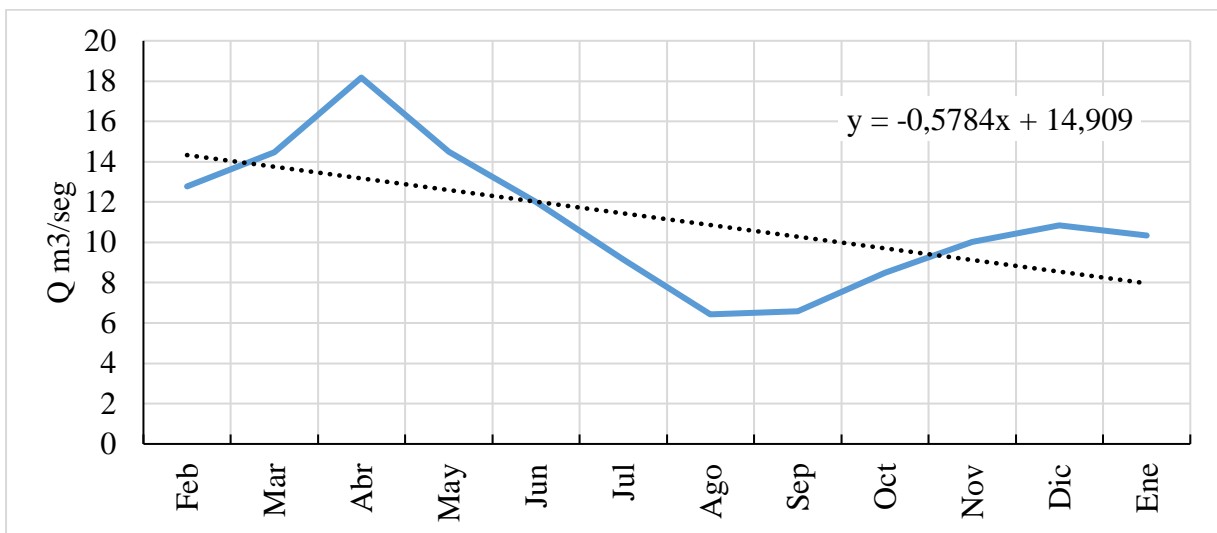
Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

De acuerdo a la Figura 13, la precipitación anual presenta una gran variabilidad (CV=30%), los años con mayor precipitación fueron: 2008, 2011 y 2014. Siendo el año 2011 el que concentra mayor precipitación (1000 mm), mientras que para el año 2009, 2012, 2013 la precipitación desciende hasta 200 mm para el 2015. El promedio anual de las series climáticas 2005-2015 (10 años hidrológicos) para la cuenca alta del río Patate fue 634 mm anuales.

10.1.3. Caudal

La estación hidrométrica H0792 presenta un caudal promedio anual de 11.15 m³/s (Ver Figura 14) y una desviación estándar de ± 0.31. Su distribución tiene relación con la precipitación, el periodo de avenidas va de febrero a julio y el estiaje de julio a enero. El máximo caudal se presentó en el mes de abril 2011 (37.02). Es decir, existe una respuesta positiva del caudal al incremento de las precipitaciones. En la figura 13 para el río Cutuchi, estación H0792 se identificó dos periodos: 1) los valores que se encuentran sobre la media representan el periodo de avenidas (febrero, marzo, abril, mayo y hasta junio) y 2) los valores bajo la media, periodo de estiaje (julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre diciembre y enero).

Figura 14: Distribución mensual en la subcuenca alta del río Patate (m³/seg)



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

La variabilidad del río Cutuchi es amplia (Figura 14), el caudal mínimo observado fue 0.21 m³/s junio 2012 y 37.02 m³/s abril 2011 con un CV de ± 0.31. Incluso se puede observar una tendencia al incremento del caudal para el periodo 2005-2015 con una variedad de (3.5) m³/s

10.2. Comparación de Límites Máximos Permisibles

10.2.1. Criterios de calidad

Para la comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP), de los parámetros del ICA NSF y Arsénico. Para los periodos de análisis (2011-2015) y periodo de muestreo (septiembre – diciembre 2019 y enero 2020). Se tomaron criterios de calidad del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente de Ecuador 2015, Libro VI Anexo 1. Ver Tabla 12.

Tabla 12. Criterios de Calidad del ICA

Parámetros	Lím. Inferior	Lím. Superior	Unidad	Fuente
Oxígeno disuelto		> 6	mg/L	TULSMA 2015 – Tabla 3
Coliformes fecales		20200	NMP/100 ml	TULSMA 2015 – Tabla 3
DBO5		100	mg/L	TULSMA 2015 – Tabla 12
Fosfatos totales		10	ug/L	TULSMA 2015 – Tabla 3
Nitratos		10	mg/L	TULSMA 2015 – Tabla 8
Turbidez		100	NTU	TULSMA 2015 – Tabla 4
Sólidos Disueltos Totales		3000	mg/L	TULSMA 2015 – Tabla 6
pH	6.5	9	-	TULSMA 2015 – Tabla 3
Arsénico		0.05	mg/L	TULSMA 2015 – Tabla 3

Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

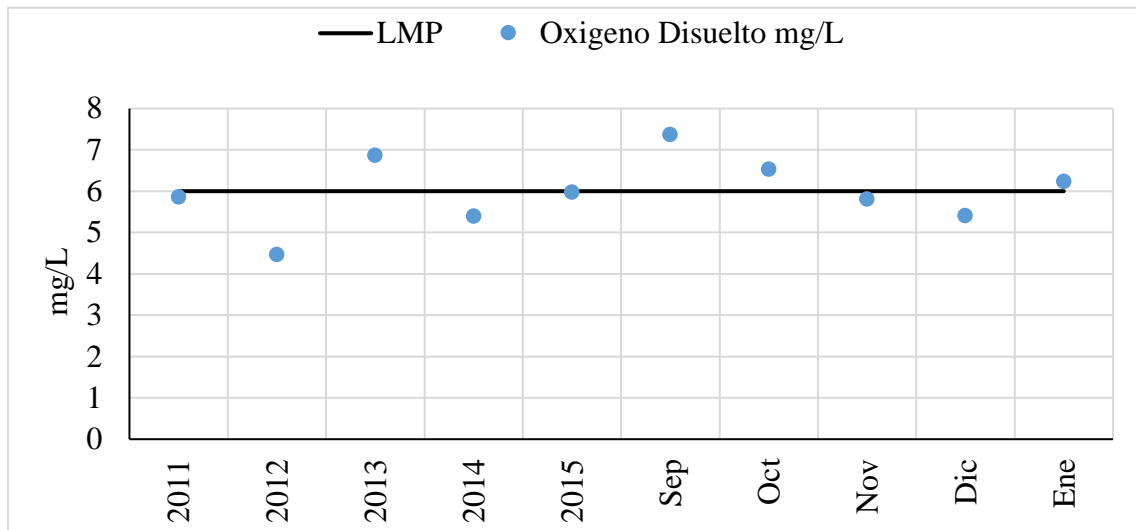
Los criterios de calidad para Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Fosfatos, pH y Arsénico, se tomó de la Tabla 3. (Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario). Para el parámetro Nitratos se realizaron con la Tabla 8. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario. Mientras que para DBO5 se realizaron con la Tabla 12. Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina. El parámetro de sólidos disueltos totales, se realizara con la Tabla 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola. Y el parámetro Turbidez se realizara con la Tabla 4. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la Calidad de las Aguas. ([Ver Anexo 2](#))

10.2.2. Oxígeno Disuelto (mg/L)

La cantidad de oxígeno disuelto en agua tiene una gran incidencia en el desarrollo de la vida y de muchos procesos que se dan en el medio acuático. Los organismos vivos necesitan oxígeno para mantener su metabolismo, y su captación se realiza a través de la respiración. (Lenntech, 2019).

Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 15.

Figura 15. Nivel de Oxígeno Disuelto (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



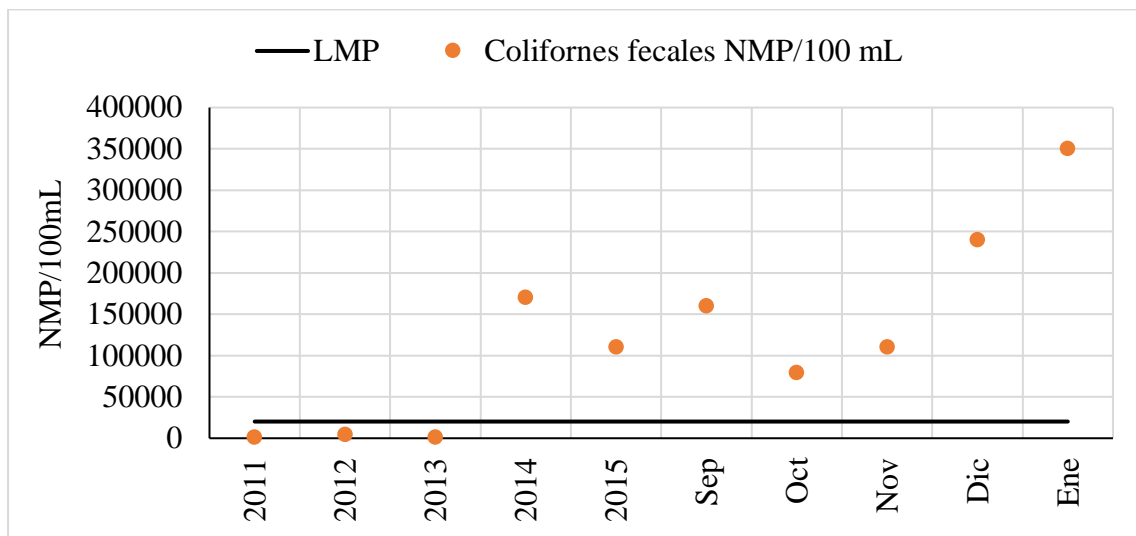
Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 15. Se evidencia que para el periodo de análisis los años 2011 (5.86 mg/L), 2012 (4.46 mg/L), 2014 (5.39 mg/L), 2015 (5.97 mg/L) y el periodo de muestreo noviembre (5.80 mg/L) y diciembre (5.41 mg/L), se encuentran por debajo de los LMP establecidos, debido que la normativa establece un LMP mayor a 6 mg/L, de la Tabla 3, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.3. Coliformes Fecales NMP/10mL

Las Coliformes Fecales es un subgrupo de bacterias halladas en grandes cantidades en los intestinos y excrementos de los humanos y animales. Su presencia puede causar graves epidemias a la salud humana. (Agua, 2008). Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 16.

Figura 16. Nivel de Coliformes Fecales (NMP/10mL) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

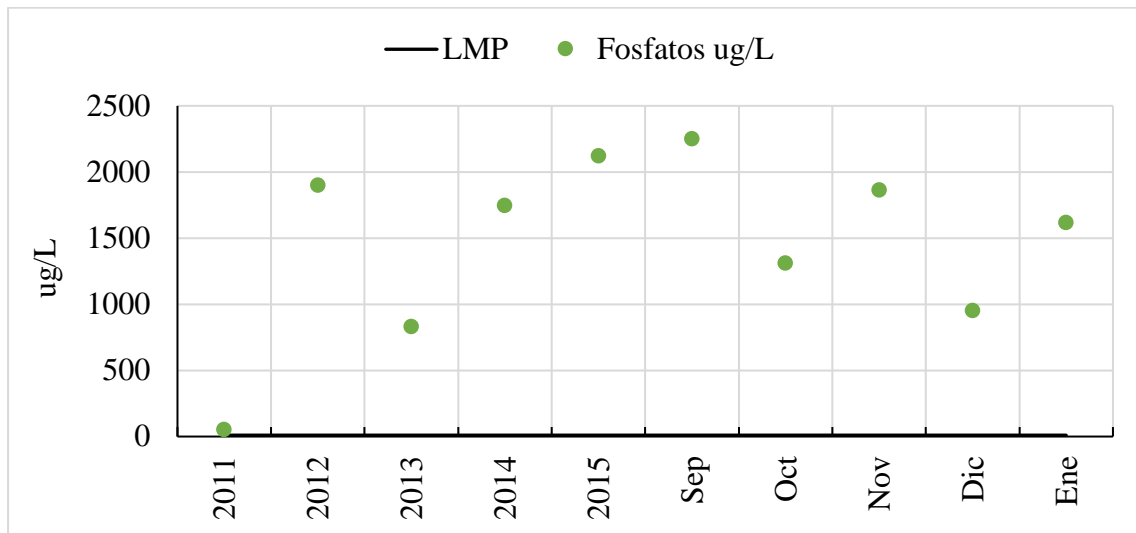
En la Figura 16, indica que para el periodo de análisis los años 2011 (800 NMP/100ml), 2012 (4300 NMP/100ml), y 2013(790 NMP/100ml), los valores de Coliformes Fecales se encuentran dentro de los LMP. Mientras que para los años 2014 (170000 NMP/100ml), y 2015 (110000 NMP/100ml), más el periodo de muestreo, todos los valores se encuentran sobre el nivel de LMP siendo en el mes de enero 2020 el mes con más contaminación de Coliformes Fecales (350000 NMP/10mL), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3 del (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.4. Fosfatos ug/L

El aumento de este elemento en el recurso hídrico está relacionado a diversas actividades humanas, principalmente con el uso de fertilizantes y detergentes.

La descomposición de la materia orgánica provoca la reducción de la concentración de oxígeno en el agua y aporta nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Provocando la eutrofización. (MVOTMA, 2012). Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 17.

Figura 17. Nivel de Fosfatos (ug/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

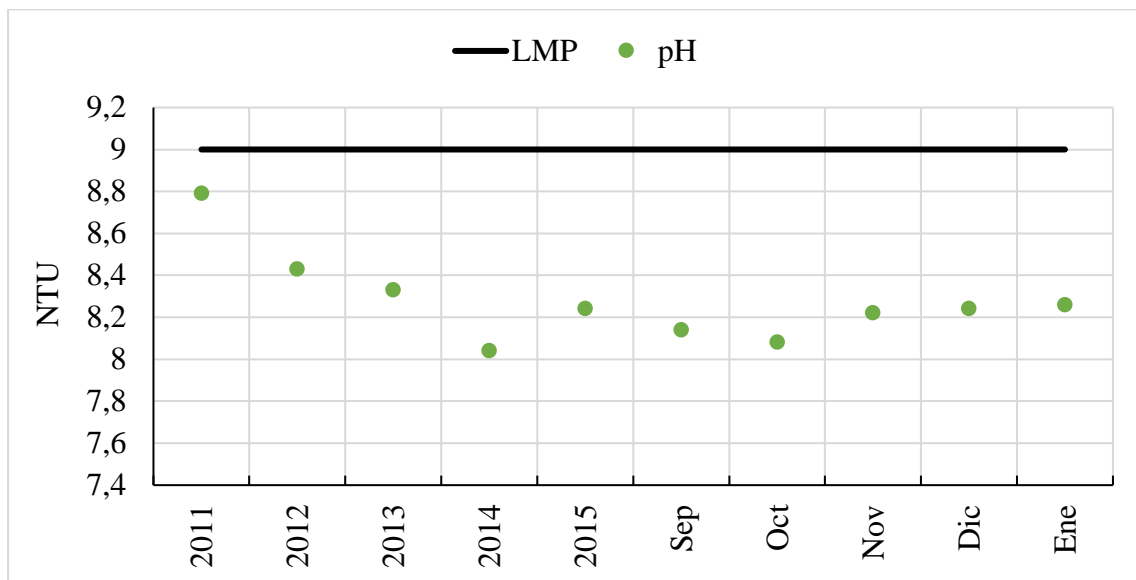
En la Figura 17. Se puede evidenciar que en el periodo de análisis los años: 2011 (50 ug/L), 2012 (1900 ug/L), 2013 (828 ug/L), 2014 (1744 ug/L) y 2015 (2121 ug/L) así como en el periodo de muestreo los meses: septiembre (2249 ug/L), octubre (1311 ug/L), noviembre (1864 ug/L), diciembre (950 ug/L) y enero 2020 (1617 ug/L), sobrepasan los LMP de la Tabla 3, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.5. pH

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico. Muchas reacciones químicas dentro de los organismos acuáticos (metabolismo celular) son necesarias para la supervivencia y crecimiento.

Los organismos requieren un margen estrecho de valores de pH. (pH, 2019). Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 18.

Figura 18. Nivel de pH en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

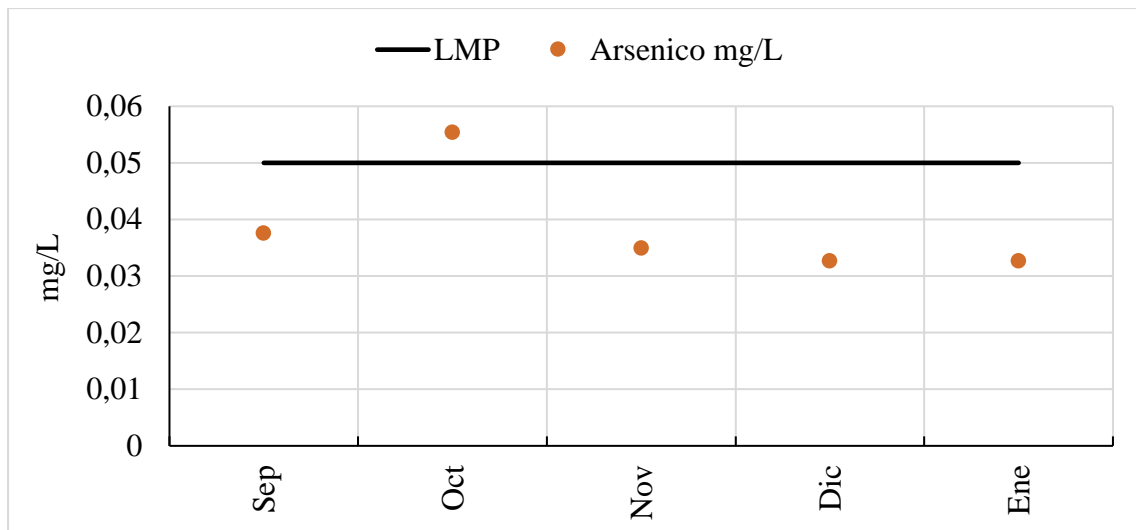
En la Figura 18. Se puede evidenciar que el nivel de pH en el cuerpo hídrico se encuentra dentro del LMP, presentándose solo en el año 2011 un valor de 8.8 el cual se acerca al LMP de la Tabla 3, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.6. Arsénico mg/L

El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Las concentraciones del peligroso Arsénico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. La toma de significantes cantidades de Arsénico puede intensificar las posibilidades de desarrollar problemas a la salud. (ATSDR, 2009)

Debido a la carencia de datos para el parámetro arsénico, se realizó un análisis en el periodo de muestreo (septiembre a diciembre del 2019 y enero del 2020). En el cual se obtuvo los siguientes valores. Figura 19.

Figura 19. Nivel de Arsénico (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 19. Se puede evidenciar que el arsénico en el mes de octubre presenta un valor de 0.055 (mg/L). El cual sobrepasa el LMP de la Tabla 3, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). Mientras que los demás valores se han mantenido dentro de los mismos. (Ver Anexo 2)

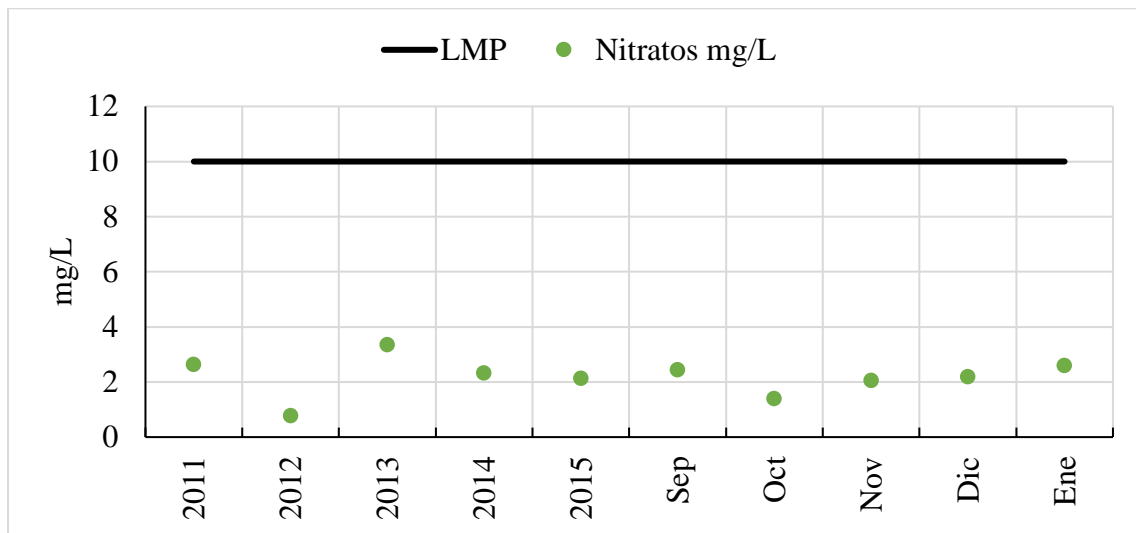
10.2.7. Nitratos mg/L

La escorrentía y filtración de aguas con alto contenido en nitrato procedente de las prácticas de fertilización agrícola, genera un grave problema de contaminación difusa de los recursos hídricos.

Como resultado, se alcanzan concentraciones de nitrato en las reservas de agua que pueden afectar a la salud humana y a la calidad ambiental. (Arauzo, 2006).

Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 20.

Figura 20. Nivel de Nitratos (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 20. Se puede evidenciar que el periodo de análisis, así como el periodo de muestreo presentan valores dentro de los LMP de la Tabla 8, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

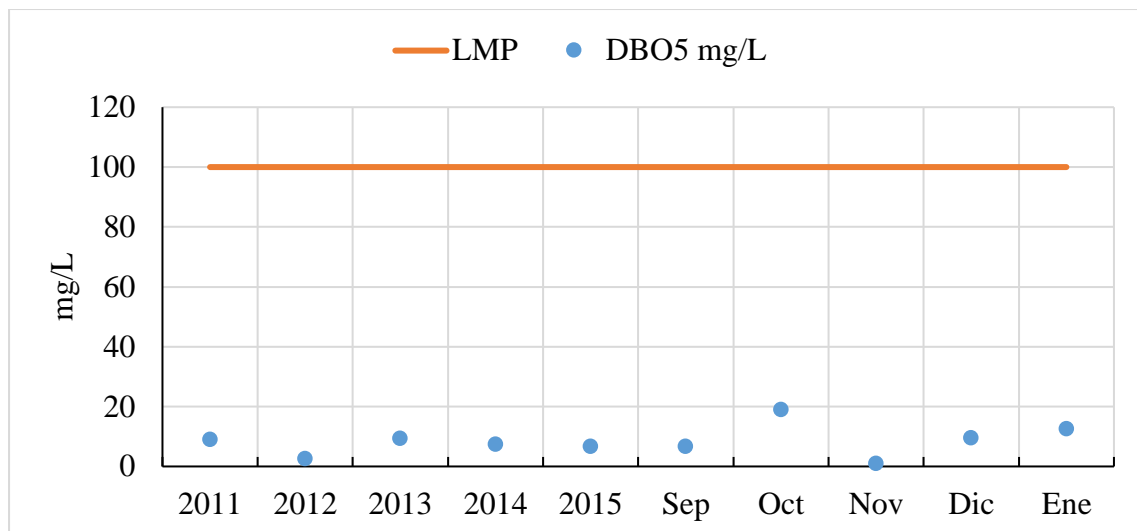
10.2.8. DBO5 mg/L

La DBO5 es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.

Cuanto mayor sea la DBO, mayor es la cantidad de materia orgánica degradable. (MVOTMA D. , 2016).

Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 21.

Figura 21. Nivel de DBO5 (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

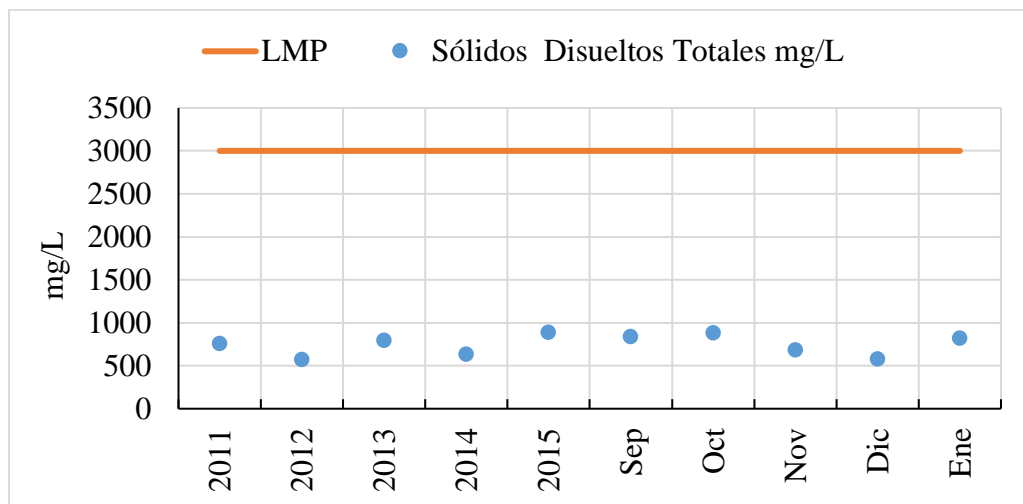
En la Figura 21. Se puede evidenciar que el periodo de análisis, así como el periodo de muestreo presentan valores dentro de los LMP de la Tabla 12, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.9. Sólidos Disueltos Totales mg/L

Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica, son invisibles por separado, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud. (Hernandez, 2007)

Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 22.

Figura 22. Nivel de Sólidos Disueltos Totales (mg/L) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

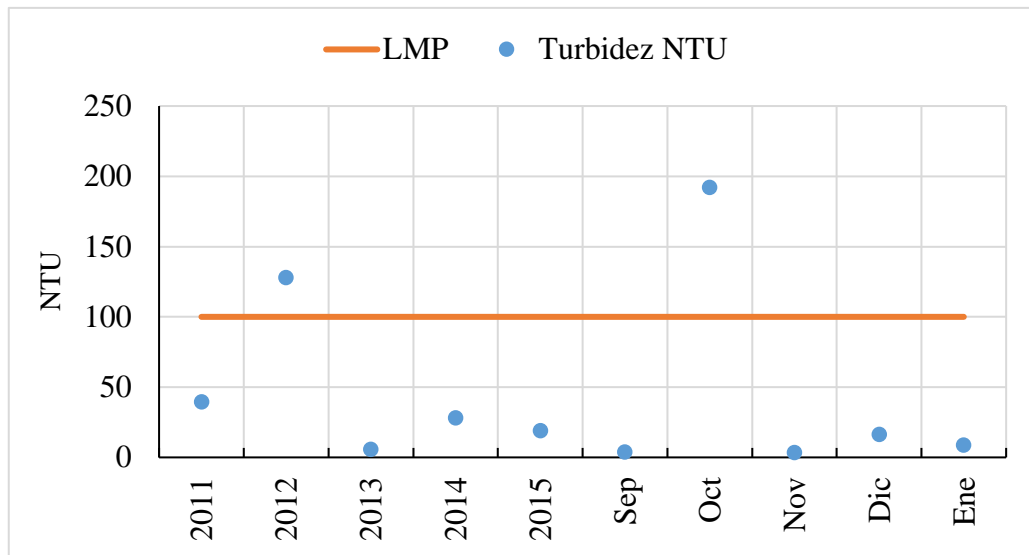
En la Figura 23. Se puede evidenciar que el periodo de análisis, así como el periodo de muestreo presentan valores por debajo de los LMP de la Tabla 6, establecido en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.2.10. Turbidez

La turbidez es una medida del grado dónde el agua pierde su nitidez, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuanto más sólidos en suspensión exista en el agua; más sucia aparecerá y por ende más alta será la turbidez (Lenntech USA, 2017).

Los valores obtenidos de los periodos de análisis y periodo de muestreo se muestran en la Figura 23.

Figura 23. Turbidez (NTU) en el punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 23. Se puede evidenciar que el año 2012 presenta una turbidez de 128 NTU, así como el mes de octubre 2019 existe una turbidez de 192 NTU.

Los cuales se encuentran sobre los LMP de la Tabla 4, establecidos en el (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015). (Ver Anexo 2)

10.3. Índice de Calidad de Agua

En la Tabla 13. Se puede observar los resultados de los Índices de Calidad de Agua para el periodo de análisis y el periodo de muestreo de la estación hidrométrica (H0792), agrupados con su respectivo caudal y el resultado de la categoría establecido por el cálculo del ICA NSF.

La calidad de agua dentro de los dos periodos análisis y muestreo se ha mantenido dentro de la categoría de Regular.

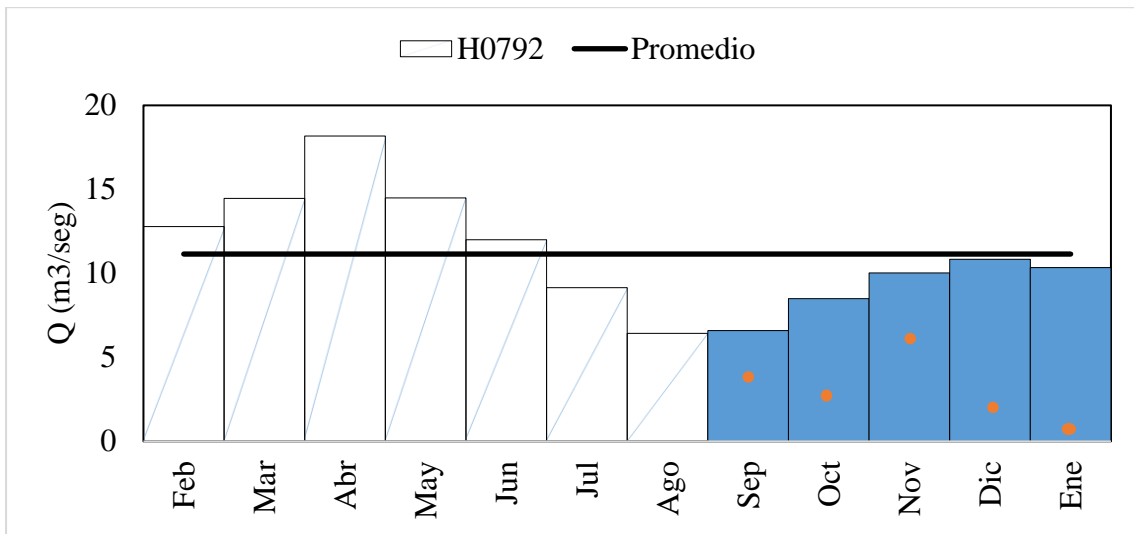
Tabla 13. Resultados del Índice de Calidad de Agua NSF punto de muestreo Cutuchi Aj Yanayacu

	Años	Q (m³/seg)	ICA NSF	Calidad de Agua
Periodo de análisis (LANCAS)	2011	15	60	Regular
	2012	13	58	Regular
	2013	11	59	Regular
	2014	11	55	Regular
	2015	12	57	Regular
Periodo de muestreo	Septiembre 2019	5	61	Regular
	Octubre 2019	9	58	Regular
	Noviembre 2019	11	65	Regular
	Diciembre 2019	7	56	Regular
	Enero 2020	4	57	Regular

Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

Aunque el agua no está totalmente contaminada, la subcuenca alta del río Patate presenta considerables alteraciones en la mayor parte del trayecto, debido a las diferentes actividades antrópicas, considerándola un agua de calidad regular, donde se evidencia efectos de contaminación procedentes de vertimientos puntuales, con una alta carga orgánica procedente de aguas residuales y agroquímicos.

Figura 24: ICA NSF



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

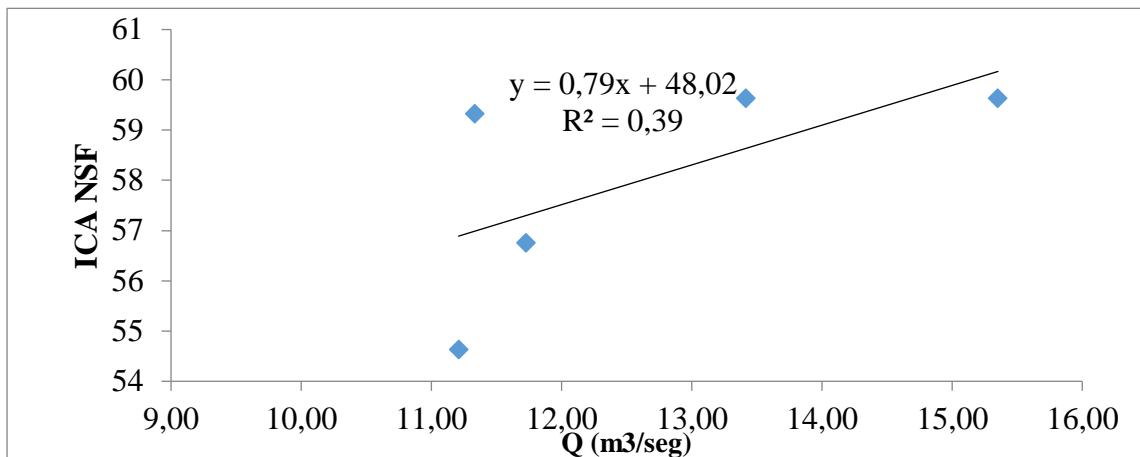
En la Figura 24, se puede evidenciar el análisis de los periodos de estudios en donde cada uno de los parámetros calculados en el Índice de Calidad de Agua ICA NSF de la estación hidrométrica (H0792), no sobre pasan los criterios de Calidad de Agua Regular establecido por el Índice.

Por lo cual esta agua se encuentra en condiciones de uso dentro de los sectores productivos agrícola y agropecuario.

10.4. Relación Calidad- Cantidad

Para la correlación entre el valor del ICA (NSF) y el caudal para la estación hidrológica H0792 se puede observar en la (Figura 25).

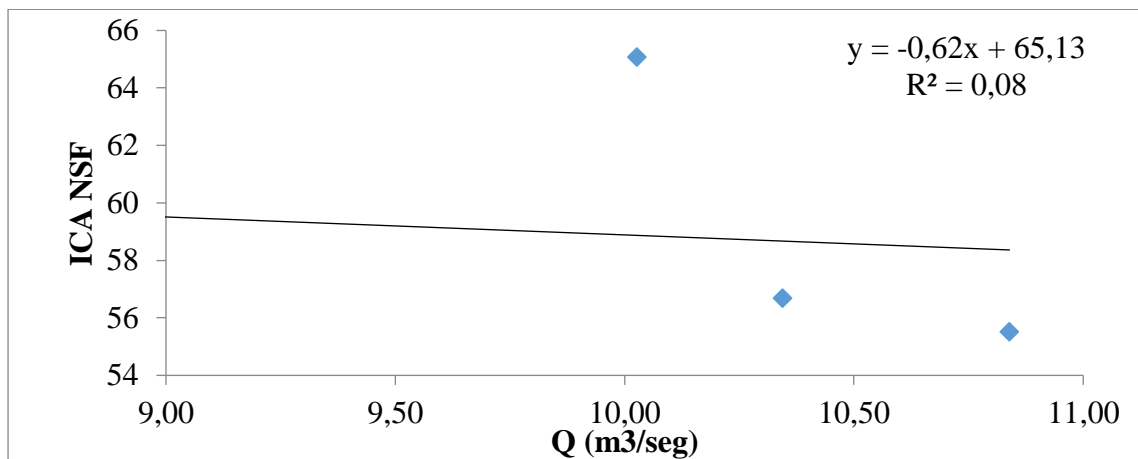
Figura 25: Correlación de Pearson anual



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 25. La correlación entre el valor del ICA (NSF) y el caudal existe una correlación directa de ± 0.62 ($p < 0.001$).

Figura 26: Correlación de Pearson mensual.



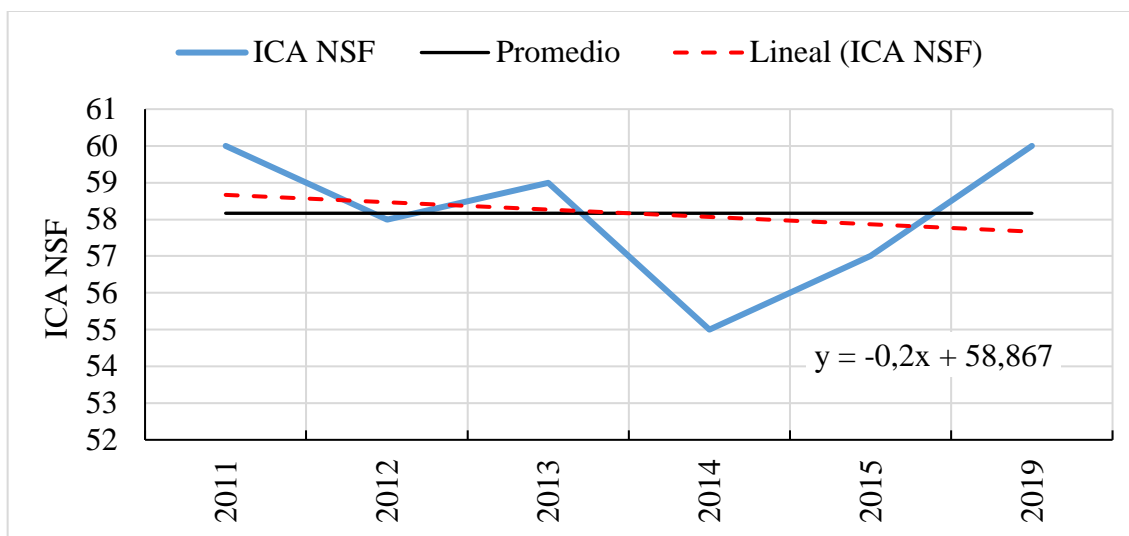
Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la Figura 26. Es decir, que a medida que se incrementa el caudal también la calidad, y debido al aporte de otros afluentes anteriores al punto de muestreo. Pero esto sólo ocurrió para el periodo de análisis (2011 - 2015). Sin embargo, en el periodo de muestreo no existió correlación.

10.5. Análisis Temporal

La evaluación temporal del río Cutuchi para el periodo 2011-2015 y septiembre 2019- enero 2020 se puede ver en la Figura 27.

Figura 27. Análisis temporal del río Cutuchi.



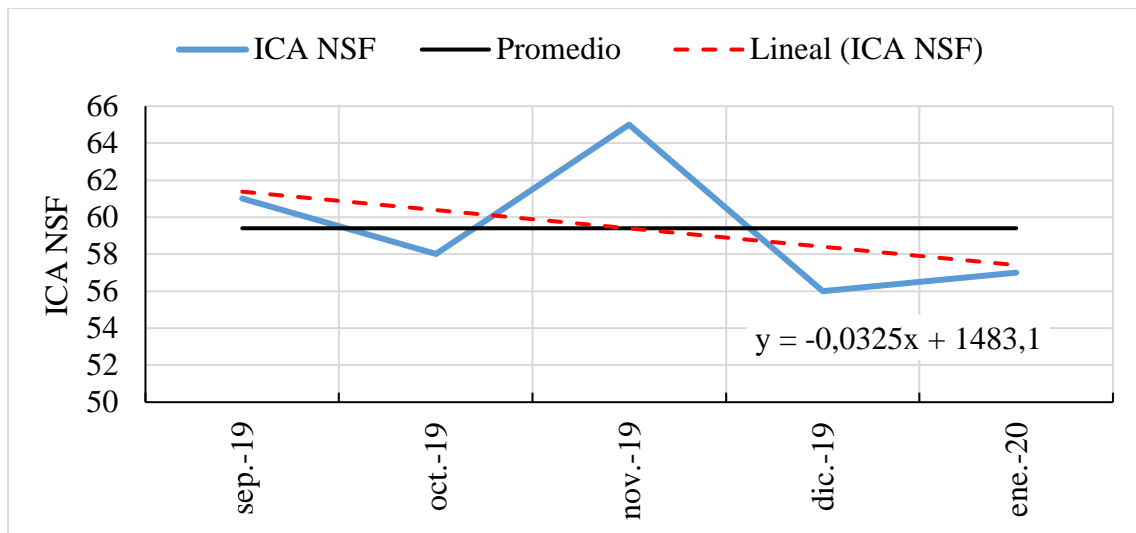
Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

En la evaluación temporal del río Cutuchi de la estación hidrométrica (H0792), para el periodo 2011-2015 y septiembre 2019- enero 2020 se puede observar un promedio del ICA NSF de 58.17, con una desviación estándar de ± 1.94 y una mínima variación anual ($CV=0.033$). Tampoco se observa tendencias al incremento o decremento del ICA NSF para el periodo de análisis.

10.6. Análisis Estacional

Considerando la época de avenidas y estiaje, el periodo de muestreo (septiembre 2019-enero 2020) corresponde a la época de estiaje (Figura 28).

Figura 28. Análisis espacial del río Cutuchi.



Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

El ICA para el periodo de estiaje presenta una media de 59,40, desviación estándar de $\pm 3,65$ y un CV de 0,061. Superior al caudal promedio anual, debido a la disminución de caudal presentado en el periodo de estiaje. En la figura 28, se puede observar una leve disminución del valor del ICA NSF (tendencia), sin embargo, no es significativa.

11. IMPACTOS

11.1. Impactos Ambientales

A lo largo del tiempo actividades tanto antropogénicas como naturales han ido deteriorando la calidad del agua de los recursos hídricos a nivel mundial, debido al vertimiento de aguas sin tratamiento alguno resultantes del vertimiento de aguas residuales, disposición final de residuos sólidos, agroquímicos entre otros los mismos que por escorrentía se desplazan a los cuerpos de agua; en la mayoría de los casos los cuerpos hídricos se auto depuran debido a la unión de caudales y el movimiento de estas, sin embargo los ríos más contaminados pierden esta capacidad debido a la cantidad considerada de agua contaminada que se vierte en el cauce. Así también los impactos económicos reflejados por esta situación de contaminación del recurso hídrico acarrearán repercusión en la salud de la población. Con la investigación “EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2019-2020” se contribuirá a la actualización de datos de calidad de agua a través de la comparación con los Límites Máximos Permisibles con el Índice de Calidad de Agua (ICA) NSF, con lo cual se emitirán datos físico-químicos y microbiológicos de la estación hidrométrica Cutuchi AJ Yanayacu.

12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 14. Presupuesto.

RECURSOS	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
	Descripción	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
EQUIPOS	GPS (uso)	1	Días	25	25,00
	Computador (uso)	125	Horas	1,00	125,00
	Cámara fotográfica (uso)	5	Mes	10,00	50,00
	Termómetro	5	Mes	2,00	10,00
	Cooler	1	Unidad	35,00	35,00
				SUBTOTAL	245,00

MATERIALES DE OFICINA	Papel bond	3	Paquetes	3,60	10,80
	Fichas de campo y laboratorio	25	Unidades	0,20	5,00
	Impresiones	700	Hojas	0,10	70,00
	Anillado	8	Unidades	3,00	24,00
	Cinta Adhesiva	5	Unidades	2,00	10,00
				SUBTOTAL	119,80
EQUIPO DE PROTECCIÓN	Mascarillas	20	Unidades	0,20	4,00
	Mandil (uso)	2	Unidades	25,00	50,00
	Cofias para el cabello	10	Unidades	0,20	2,00
	Guantes de Látex	1	Caja	8,00	8,00
	Botas	2	Pares	10,00	20,00
				SUBTOTAL	84,00
LABORATORIO	Oxígeno Disuelto	5	Parámetro	6,00	30,00
	Coliformes Fecales	5	Parámetro	14,8	74,00
	PH	5	Parámetro	4,04	20,20
	DBO5	5	Parámetro	14,16	70,80
	Fosfatos	5	Parámetro	8,02	40,10
	Nitratos	5	Parámetro	7,13	35,65
	Turbidez	5	Parámetro	4,32	21,60
	Solidos Disueltos Totales	5	Parámetro	6,21	31,05
	DQO	5	Parámetro	12,58	62,90
	Arsénico	5	Parámetro	13,7	68,50
				SUBTOTAL	424,8
OTROS	Transporte, salida de campo	10		15,00	120,00
	Alimentación	10		2,50	25,00
				SUBTOTAL	145,00
				SUBTOTAL	1018,60
				IMPREVISTOS 10%	101,86
				TOTAL	1120,46

Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- ✓ El análisis de la caracterización hidrometeorológica de la variable temperatura presenta, a partir del mes de febrero a mayo, valores sobre la normal y a partir del mes de junio hasta el mes de septiembre presenta valores bajo normal, tanto de la variación como del promedio anual de la temperatura.
- ✓ La precipitación promedio fue 634 mm anuales, desviación estándar de 6.1 y coeficiente de variación de ± 0.11 . Los años con mayor precipitación fueron: 2008, 2011 y 2014. Siendo el año 2011 el que concentra mayor precipitación (1000 mm), mientras que para el año 2009, 2012 y 2013 la precipitación desciende hasta 200 mm para el 2015.
- ✓ Se escogió el ICA NSF debido a la importancia que le dan al parámetro de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración. Los cuales son factores de contaminación en aguas superficiales del Ecuador.
- ✓ De acuerdo a la comparación de los valores obtenidos con la Tabla 3. (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). Y los valores obtenidos de los parámetros del ICA NSF se encontraron solo tres parámetros por debajo y sobre los LMP.
 - El Oxígeno Disuelto (mg/L), dio como resultados valores por debajo de los LMP, en el periodo de análisis el valor más bajo se da en el 2012 (4.46 mg/L), y el periodo de muestreo en diciembre (5.41 mg/L). Al encontrarse el OD mg/L en un nivel bajo las formas de vida aerobias no podrían sobrevivir. Ya que los peces, los invertebrados, las plantas y las bacterias aeróbicas requieren oxígeno para respirar.
 - Las Coliformes Fecales (NMP/100mL), se encuentran sobre los LMP siendo el mes de enero, el mes que más Coliformes Fecales presenta (350000 NMP/10mL), el cual es un problema, ya que causa numerosas enfermedades, tales como el cólera, la amebiasis, la hepatitis, la fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras.
 - Los Fosfatos (ug/L), se encuentran sobre los LMP, siendo el mes de enero (2249 ug/L) el valor más alto. Estas cantidades superiores favorecen el crecimiento de

algas que consumen el oxígeno del medio acuático y provocan la desaparición de especies vegetales y animales.

- El Arsénico (mg/L), solo un valor sobre sale de los LMP, octubre con un valor de 0.055 mg/L. El cual no representa riesgo alguno ya que los demás puntos están dentro de los LMP.
 - La Turbidez (NTU), el año 2012 presenta una turbidez de 128 NTU, mientras que el mes de octubre 2019 existe una turbidez de 192 NTU. Los cuales sobre pasan los LMP.
-
- ✓ Conforme a los resultados obtenidos de los periodos de análisis (2011-2015) y el periodo de muestreo (septiembre 2019 – enero 2020), la calidad del agua de la estación hidrométrica (H0792). Se ha mantenido en la categoría regular establecido por el cálculo del ICA NSF.
 - ✓ De acuerdo con la correlación entre el valor del ICA y el caudal en el periodo de análisis (2011-2015) existe una correlación directa a razón que conforme incrementa el caudal también la calidad. Sin embargo, el período de muestreo carece de una correlación debido al poco tiempo de estudio.
 - ✓ En la evaluación temporal del río Cutuchi para el periodo 2011-2015 y septiembre 2019-enero 2020 tiene un promedio del ICA NSF de 58.17, con una desviación estándar de ± 1.94 y una mínima variación anual ($CV=0.033$). Por lo que no se observa tendencias al incremento o decremento del ICA NSF para el periodo de estudio.
 - ✓ Considerando la época de avenidas y estiaje, el periodo de muestreo (octubre 2019-enero2020) corresponde a la época de estiaje. El ICA para el periodo de estiaje presenta una media de 59.40, desviación estándar de $\pm 3,65$ y un CV de 0.061. Superior al caudal promedio anual, debido a la disminución de caudal presentado en el periodo de estiaje. Donde se puede observar una leve disminución del valor del ICA NSF, sin embargo, no es significativa.

13.2. Recomendaciones

- ✓ Es recomendable la utilización del ICA NSF, ya que simplifica parámetros bióticos (microbiológicos) y abióticos (físico químicos), haciendo su interpretación fácil y una herramienta útil para informar al público en general, acerca de las condiciones de calidad de agua en el recurso hídrico, su evolución temporal y espacial.

- ✓ Se debe establecer una frecuencia de muestreos en épocas similares para poder hacer correlación de la calidad del agua para evaluar si en el transcurso de espacio y tiempo la calidad de agua del río Cutuchi tiende a aumentar o disminuir.

- ✓ Se sugiere que el índice de calidad ICA (NSF) sea utilizado en futuras investigaciones, pero considerando como zona de estudio a la subcuenca alta media y baja del río Cutuchi y de esta manera se compare información sobre la variación en cada uno de los puntos monitoreados.

- ✓ Los actores sociales, gobiernos autónomos tanto cantonales como regionales elaboren políticas de conservación de la calidad de agua de ríos, originada por las actividades domésticas, industriales y agrícolas.

14. REFERENCIAS

1. Achupallas, M. A. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación.*
2. Agua, R. I. (2008). *Indicadores de Contaminación Fecal en Aguas.* Obtenido de http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
3. ALVARADO, M. S. (2016). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG. CUENCA – ECUADOR .*
4. Arauzo, M. (2006). *Dinámica espacio-temporal del contenido en nitrato de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Oja (La Rioja, España): ~ Vulnerabilidad del acuífero aluvia.* Obtenido de http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne25/L25b753_Nitrato_aguas_superficiales_subterranas_cuenca_rio_Oja.pdf
5. Arias, H. O. (02 de enero de 2014). *ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) EN LA PRESA LA BOQUILLA EN CHIHUAHUA, MÉXICO. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.* Obtenido de Ecosistemas: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
6. Arias, M. (2002). *Marco Legal e Institucional de los Recursos Hídricos en el Ecuador.* Quito, Ecuador.
7. Armas, A. (2016). *La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles.* Obtenido de LA CALIDAD DE LAS AGUAS: https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf
8. ATSDR. (2009). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.* Obtenido de ¿En dónde se encuentra el arsénico?: https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/en_donde_se_encuentra.html
9. Aureum, M. (2014). *Ingeniería Civil y Medio Ambiente.* Obtenido de Índices globales de calidad de las aguas: <<http://www.miliarium.com/prontuario/IndicesCalidadAgua.htm>>. [Consulta: 27
10. CADENA, D. A. (noviembre de 2014). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO CUTUCHI CON ASE A VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS. TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS*

NATURALES . Quito, Pichincha, Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL .

11. Cajacuri, J. A. (15 de enero de 2015). *VARIACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO (ICA – NSF) EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA CRUZ DE MOTUPE*. Obtenido de https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP2015.pdf
12. CAMPAÑA, U. J. (1994). *Problemas ambientales del Ecuador*. Quito, Ecuador.
13. Cardozo, M. d. (1997). *Analisis y valoracion del Indice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Caso Rios Cali y Melendez*.
14. CEPAL. (2018). *DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL AGUA*. Quito: ECUADOR – CEPAL.
15. Christopherson, R. W. (1997). *Geosistemas: una introducción a la geografía física, tercera edición*. New Jersey: MasteringGeography. Obtenido de <https://www.pearson.com/us/higher-education/product/Christopherson-Geosystems-An-Introduction-to-Physical-Geography-9th-Edition/9780321926982.html>
16. Comas, E. (1998). *VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO UROLA (GUIPUZKOA)* .
17. De la Fuente, E. y. (1998). *Análisis de datos en Psicología. Ejercicios de estadística descriptiva*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/methods-and-formulas/methods-and-formulas/>
18. Dinius, S. H. (1987). *Design of a Index of Water Quality*. *JAWRA Volume 23*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.1987.tb02959.x>
19. Domenech, J. M. (1985). *Métodos estadísticos: modelo lineal de regresión*. Barcelona. Obtenido de *Métodos estadísticos: modelo lineal de regresión*.
20. Elizalde, M. P. (2017). *PROPUESTA METODOLOGICA PARA LOCALIZACION DE PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA*. MACHALA – EL ORO - ECUADOR: UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA.
21. Enríquez, F. R. (17 de febrero de 2016). *Redacciones Cotopaxi*. Obtenido de Redacciones Cotopaxi: <http://panchoullloaenriquez.blogspot.com/2016/02/los-seis-rios-de-latacunga.html>
22. Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar* . Santiago de Chile: División de Recursos Naturales e Infraestructura .

23. Fernández N, , R. (2005). *Indicadores físico-químicos de calidad del agua: Un estudio comparativo, Universidad del Valle-Instituto de Cinara*. Colombia.
24. Fuentes, A. M. (2013). El agua en bioquímica y fisiología. Distrito Federal, México: Acta Pediátrica de México, vol. 34, núm. 2.
25. H2O, c. d. (s.f.). *Indices de Calidad (ICAs) y de Contaminacion (ICos) del agua de Importancia Mundial*. Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
26. Hernandez, A. M. (02 de 08 de 2007). SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL. *SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS A 103 – 105 °C*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia.
27. INEC. (2019). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Censo de Población: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
28. INEN. (2000). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013*.
29. Jiménez J., M. A., & Vélez O., M. V. (2006). ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. En *Avances en Recursos Hidráulicos* (págs. 53-69). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
30. Lara, R. (2005). Paramo y Contaminación. En CODERECO, *Recursos hídricos y contaminación de la cuenca del río Cutuchi* (págs. 1-3). Latacunga: CODERECO.
31. Lenntech, O. (2019). *¿Por qué es importante el oxígeno disuelto en el agua?* Obtenido de <https://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua.htm>
32. MAE. (2015). *Libro VI, Anexo I. En M. d. Ambiente, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. . Ecuador.
33. MATEUS, A. G. (2013). ESTUDIO HIDROQUIMICOY DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL RIO MIRA . Quito, Pichincha, Ecuador: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
34. MÉNDEZ, J. L. (2008). *DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD Y COEFICIENTES CINÉTICOS DE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA, EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO NARANJO, UBICADA EN LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0391_MT.pdf

35. Miranda, J. P. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Logos Ciencia y Tecnología*, 159-167.
36. Montero, T. C. (2017). *ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL ICG (1981)*. Obtenido de <https://docplayer.es/30105833-Indice-de-calidad-general-icg-1981.html>
37. MVOTMA. (2012). *División Calidad Ambiental- Departamento de Seguimiento de Componentes Ambientales. La información proviene de los Programas de Monitoreo de Calidad de Agua de los ríos*. Obtenido de Concentración de Fósforo Total (PT): https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/on-concentracion-de-fosforo-total/
38. MVOTMA, D. (2016). *División Laboratorio Ambiental. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)*. https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-demanda-bioquimica-de-oxigeno/. Obtenido de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-demanda-bioquimica-de-oxigeno/
39. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso agua, LIBRO VI ANEXO 1, TABLA 4 Límite Máximo Permisible para la calidad de agua de uso pecuario, Organización para la agricultura y Alimentos para las Naciones Unidas FAO. (10 de Mayo de 2000). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
40. Ott, W. (1978). *Ciencia de índices ambientales, Teoría y práctica*. Obtenido de <https://www.osti.gov/biblio/6681348>
41. Peñafiel, A. G. (2014). *2014). Evaluación de la Calidad del Agua del río Tomebamba mediante el Índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua . . Cuenca*.
42. Pérez, J. I. (junio de 2018). *Análisis Comparativo de Índices de Calidad del Agua Aplicados al Río Ranchería, La Guajira-Colombia*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000300047#B27
43. pH, F. I. (2019). Obtenido de Folleto Informativo 3.1.4.0: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf
44. QUINATO A, E. G. (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”*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/2700/2768/1/T-UTC-00305.pdf>

45. Ramirez, C. E. (junio de 2013). Evaluacion y determinacion de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (Cr) y cadmio (Cd) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los rios Ctuchi y Machangara. *Tesis previa a la obtencion del titulo de: Ingeniero en Biotecnologia de los Recursos Naturales*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito.
46. ROMERO, A. A. (2001). *Contaminación Ambiental*.
47. Salazar, O. I. (09 de 2016). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA, MEDIANTE ÍNDICES BIÓTICOS Y FISICOQUÍMICOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AGUA TIBIA, ZONA 24*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5696/1/Odalis%20Ivette%20L%C3%B3pez%20Salazar.pdf>
48. SNET. (2000). *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*. Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
49. Tiellacuri, Z. I. (2014). *EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO RÍMAC (RIEGO), DE ENERO A AGOSTO DEL 2011, EN TRES PUNTOS DE MONITOREO*. Lima – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
50. Toasa, B. A. (2014). “CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES FÍSICOS Y QUÍMICOS PRESENTES EN EL RIO YANAYACU DEL CANTON SALCEDO. *Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en Medio Ambiente* . LATACUNGA, COTOPAXI, ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI .
51. TULSMA. (2003). TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. En *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO 1*. (págs. 329,330). ECUADOR: Decreto Ejecutivo 3516.
52. TULSMA. (2015). LIBRO VI ANEXO 1. En *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA* (págs. 286-336).



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las estudiantes **ABIGAIL AMPARO BARRERA GALLO Y JESSICA GABRIELA CEPEDA GUASGUA** de la **CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020





Atentamente,


Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 1722417571



CENTRO
DE IDIOMAS

15. ANEXOS

Muestreo en la estación hidrométrica H0792 Cutuchi AJ Yanayacu	
Subcuenca alta del Patate-río Cutuchi	
 <p>Regleta que mide el caudal en el río Cutuchi</p>	 <p>Tarabita de la estación Hidrométrica H0792 (INAMHI)</p>
Toma de muestras en el río Cutuchi	
 <p>Toma de muestras en el río Cutuchi</p>	 <p>Envasado del agua en los recipientes</p>
Preparación de las muestras para ser transportado al laboratorio acreditado LANCAS-QUITO	



Etiquetado de los frascos



Preparación del agua para cada parámetro a analizar.

Traslado de las muestras hacia el laboratorio LANCAS



Recepción de las muestras del agua para analizar.

Elaborado por: Abigail Barrera y Gabriela Cepeda (2020)

Anexo 1. Resumen de análisis del Laboratorio de Calidad de Agua y Sedimentos LANCAS - INAMHI

PARÁMETROS	Unidades	PERIODO DE ANÁLISIS					PERIODO DE MUESTREO				
		2011	2012	2013	2014	2015	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Oxígeno disuelto	mg/L	5,86	4,46	6,86	5,39	5,97	7,37	6,53	5,80	5,41	6,23
Coliformes fecales	#/100mL	800	4300	790	1.7E+05	1.1E+05	1.6E+05	7.9E+04	1.1E+05	2.4E+05	3.5E+05
DBO5 mg/L	mg/L	9	2,6	9,38	7,29	6,7	6,63	18,98	0,98	9,53	12,54
Fosfatos totales	mg/L	0,05	1,9	0,828	1,744	2,121	2,249	1,311	1,864	0,95	1,617
Nitratos	mg/L	2,64	0,77	3,36	2,32	2,13	2,44	1,39	2,06	2,19	2,59
Turbidez	NTU	39,4	128	5,48	28	18,8	3,56	192	3,26	16,21	8,65
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	752,46	566,77	792	630	888	834	878	682	576	816
pH	unidades	8,79	8,43	8,33	8,04	8,24	8,14	8,08	8,22	8,24	8,26
Arsénico	ug/L	-	-	-	-	-	37,540	55,369	34,955	32,681	68,279

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

**Anexo 2. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE
EFLUENTES: RECURSO AGUA**

- **TABLA 3.** 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.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015)

- **TABLA 4.** Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas.

Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

La turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);

- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

- **TABLA 6.** Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3 000,0

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015)

- **TABLA 8.** Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Nitratos	NO ₃	mg/l	10,0

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015)

- **TABLA 12.** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
emanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100

Elaborado por: Barrera Abigail y Cepeda Jessica (2020)

Fuente: (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1, 2015)