



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL
RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”**

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

Autor:

Castro Veloz Eddytha Judith

Tutor:

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

LATACUNGA- ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Eddytha Judith Castro Veloz, con cédula de ciudadanía No. 0504271370, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020”, siendo la Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

Eddytha Judith Castro Veloz

CC: 0504271370

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 **EDDYTHA JUDITH CASTRO VELOZ**, identificada con cédula de ciudadanía **0504271370** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominarán **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. M.B.A. 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 CEDENTE**, es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad, según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015 - Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de Julio del 2020

Tutor. - Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi, en la 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 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 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:

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.

- a) La publicación del trabajo de grado.
- b) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- c) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- d) 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 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 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 CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la 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 septiembre del 2020.

Eddytha Judith Castro Veloz

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CEDENTE

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”, de Castro Veloz Eddytha Judith, 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, 17 de septiembre del 2020

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa
TUTORA DEL PROYECTO
CC.: 0604147900

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos 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; por cuanto, la postulante: Castro Veloz Eddytha Judith, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga 17 de septiembre del 2020

Dr. Carlos Washington Mantilla Parra

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

CC: 0501553291

MsC. Vladimir Ortiz Bustamante

LECTOR 2

CC: 0502188451

MsC. Kalina Marcela Fonseca Largo

LECTOR 3

CC: 1723534457

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios, por siempre ser quien guía mi camino y mostrarme que con amor, paciencia y esperanza se puede lograr todo. A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi, y mis docentes que me han acompañado en toda mi etapa estudiantil, especialmente a la Ph.D Mercy Lucila Ilbay Yupa que siempre me brindo su orientación con profesionalismo, y creyó en mi para terminar mi proyecto de investigación. Así también al Dr. Carlos Mantilla, Al MsC Vladimir Ortiz y a la PhD Kalina Fonseca miembros del mi tribunal de lectores.

Eddytha Judith Castro Veloz

DEDICATORIA

A mis Padres Fidel y Alexandra, quienes con su amor y confianza me han apoyado en cada una de las decisiones que he tomado.

A mi hermana Lissethe quien ha sido mi mayor apoyo y confidente en cada una de las etapas de mi vida, gracias por ser mi mejor amiga.

A mis abuelitos Edison, Judith, Issac y Eddytha, por su cariño y fortaleza me han enseñado a nunca darme por vencida. Así también a mis tíos, primos, especialmente a Cesar quien nunca nos dejó solas y luchó siempre junto a nosotras hasta vernos salir adelante.

A Kevin porque él ha sido testigo de los sacrificios tan grandes que he realizado y ha estado siempre alado mío apoyándome.

Eddytha Judith Castro Veloz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020

Autor: Eddytha Judith Castro Veloz

RESUMEN

La contaminación de los ríos, es un problema que se ha incrementado con el paso de los años el cual afecta gravemente la biodiversidad acuática y desarrollo productivo de la zona. Es por ello que se realizó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar la tendencia de la calidad del recurso hídrico en la parte media de la microcuenca del río Cutuchi. Se utilizó los datos de la Fundación Natura y INHAMI-SENAGUA para un periodo de cuatro años (2010-2013). La calidad de agua se evaluó mediante los Índices de calidad CCME y NSF y las tendencias de la calidad del agua por medio del test no paramétrico de Spearman's Rho. En los resultados evidenciaron que los parámetros pH (6.99), sólidos totales disueltos (532.5 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno (28.12mg/l), oxígeno disuelto (26.74 %) y coliformes fecales (1421.93 NMP/100ml) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA para agua de riego y/o de consumo humano. El análisis de calidad de agua promedio anual por el método ICA NSF determinó que los tres primeros puntos fueron de media calidad y los cinco restantes de mala calidad. Por el método ICA CCME fue regular para el punto 3, marginal para los puntos 1, 2, 4, 5, 6 y 8. Sin embargo este método determinó al punto 7 como pobre. En el análisis de tendencia se observó que el punto 4 ubicado en el sector el Loreto presenta un leve mejoramiento que va de mala a buena.

PALABRAS CLAVE: contaminación, río, análisis, tendencia, microcuenca, calidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RECURCES

THEME: EVALUATION OF WATER RESOURCE CONTAMINATION TRENDS IN THE MIDDLE PART OF THE CUTUCHI RIVER MICRO WATERSHEDS, IN THE COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2019-2020

Author: Eddytha Judith Castro Veloz

ABSTRACT

River pollution is a problem that has increased over the years which seriously affects the aquatic biodiversity and productive development of the area. That is why this research was carried out, which objective was to evaluate the trend of the quality of the water resource in the middle part of the Cutuchi river micro watersheds. Data from Fundación Natura and INHAMI-SENAGUA were used for a period of four years (2010-2013). The water quality was evaluated using the CCME and NSF quality indices, and the water quality trends by means of the non-parametric Spearman's Rho test. The results showed that the parameters pH (6.99), total dissolved solids (532.5 mg / l), biochemical oxygen demand (28.12mg / l), dissolved oxygen (26.74%) and fecal coliforms (1421.93 NMP / 100ml) are found outside the maximum permissible limits established in the TULSMA for irrigation water and / or for human consumption. The annual average water quality analysis by the ICA NSF method determined that the first three points were of medium quality and the remaining five points of poor quality. By the ICA CCME method it was regular for point 3, marginal for points 1, 2, 4, 5, 6 and 8. However, this method determined point 7 as poor. In the trend analysis, it was observed that point 4 located in the Loreto sector shows a slight improvement that goes from bad to good.

KEYWORDS: Pollution, river, analysis, trend, micro watersheds, quality

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Cuenca	8
8.2. Subcuenca	8
8.3. Microcuenca.....	8
8.4. Agua.....	9
8.5. Agua Dulce	9
8.6. Contaminación del agua.....	9
8.6.1. Fuentes de contaminación.	10
8.8. Criterios de calidad de agua.....	11
8.8.1. Parámetros físicos y químicos del agua.....	11
8.8.2. Parámetros microbiológicos del agua:.....	13
8.9. Índice de Calidad de Agua.....	13
8.9.1. Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF).....	14

8.9.2.	Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (ICA-CCME).....	14
8.10.	Río Cutuchi	15
8.11.	Medidas de resumen	15
8.11.1.	Medidas posicionales:	15
8.11.2.	Medidas de dispersión o escala:	16
8.11.3.	Medidas de medida:.....	16
8.12.	Análisis Estadístico	17
8.12.1.	Diseño Completo al Azar.	17
	<input type="checkbox"/> Análisis de Varianza (ANOVA).....	17
	<input type="checkbox"/> Pruebas de Comparación Múltiple.....	17
8.12.2.	Análisis de tendencia	18
8.13.	Programas Informáticos	19
8.13.1.	Arcgis.	19
8.13.2.	InfoStat	20
8.13.3.	TREND.....	20
8.13.4.	Calculating NSF Water Quality Index (WQI).....	20
8.14.	MARCO LEGAL	20
8.14.1.	CONSTITUCION DEL ECUADOR.....	20
8.14.2.	TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (ACUERDO MINISTERIAL 097-A).....	21
8.14.3.	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL.....	22
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	25
10.	METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL	25
10.1.	Área de Estudio.	25
10.2.	Datos.....	27
10.3.	Análisis Exploratorio de Datos (AED).....	28
10.4.	Índice de calidad de agua (ICA).....	30
10.4.1.	ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA- NSF).....	30
10.4.2.	ICA del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (ICA- CCME)	33
10.5.	Análisis estadístico.....	35
10.5.1.	Diseño completo al azar	35
	<input type="checkbox"/> ANOVA.....	35

□ Pruebas de comparaciones múltiples	35
10.6. Análisis de Tendencia	36
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	37
11.1. Análisis exploratorio de datos	37
11.2. Completación de datos	42
11.3. Índice de Calidad de Agua.	42
11.4. Análisis Estadístico	47
11.4.1. Análisis de Varianza (ANOVA).....	47
11.4.2. Análisis de Tendencia.....	48
12. IMPACTOS	51
12.1. Impacto Social.....	51
12.2. Impactos Ambientales	51
12.3. Impacto Económico.....	51
13. PRESUPUESTO.....	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
14.1. CONCLUSIONES	52
14.2. RECOMENDACIONES	53
15. BIBLIOGRAFÍA	54
16. ANEXOS	63
ANEXO 1.- CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA	63
ANEXO 2.- PRUEBAS DE TUKEY PARA LOS ICAS NSF Y CCME	68
ANEXO 3.- GRÁFICOS DE LOS ANÁLISIS DE TENDENCIA	70
ANEXO 4.- HOJA DE VIDA DATOS PERSONALES TESISISTA	73
ANEXO 5.- HOJA DE VIDA TUTORA	75
ANEXO 6.- AVAL DE LA DIRECCIÓN DE INGLÉS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios la parte media de la microcuenca del río Cutuchi.	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua en la parte media de la microcuenca del río Cutuchi.....	27
Tabla 4. Pesos de los parámetros del ICA NSF.....	32
Tabla 5. Rangos de calidad ICA-NSF	32
Tabla 6. Rangos de calidad ICA-CCME	34
Tabla 7. Resumen de medidas de parámetros de calidad de agua de la parte media del río Cutuchi	41
Tabla 8. Calidad de agua anual por el método ICA-NSF e ICA-CCME.....	42
Tabla 9. Calidad de agua mensual por el método ICA NSF.....	43
Tabla 10. Calidad de agua mensual por el método ICA CCME.....	44
Tabla 11. Análisis de Varianza ICA NSF.....	47
Tabla 12. Análisis de varianza ICA CCME	47
Tabla 13. Análisis de tendencia por la prueba de Spearman's Rho	48
Tabla 14. Presupuesto.....	51
Tabla 15. Criterios de calidad de fuentes de agua para consume humano y doméstico.....	63
Tabla 16. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios	64
Tabla 17. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.....	66
Tabla 18. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.....	67
Tabla 19. Prueba de Tukey ICA NSF.....	68
Tabla 20. Prueba de Tukey ICA CCME.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi, parte media y sus poblados.	26
Figura 2. Parte media de la microcuenca del río Cutuchi y ubicación de los puntos evaluados	26
Figura 3. Función de Calidad NSF: a) Demanda Bioquímica de Oxígeno, b) Oxígeno disuelto, c) Coliformes fecales, d) Nitratos, e) pH, f) Temperatura, g) Solidos totales disueltos, h) Fosfatos, i) Turbidez.....	31
Figura 4. Histogramas por parámetro: a) Ph, b) Temperatura, c) Turbidez, d) Sólidos totales disueltos, e) Nitratos, f) DBO5, g) Oxígeno Disuelto, h) Coliformes fecales, i) Fosfatos	39
Figura 5. Calidad de los puntos de muestreo por el método ICA NSF	45
Figura 6. Calidad de los puntos de muestreo por el método ICA CCME	46
Figura 7. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, ubicado en el río Pumacunchi, sector Patután por el método ICA NSF ($p < 0.1$)	49
Figura 8. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, ubicado en el río Pumacunchi, sector Patután por el método ICA CCME ($p < 0.05$)	49
Figura 9. Incremento de la calidad de agua en el punto 5, ubicado en el río Cutuchi, sector El Carmen por el método ICA NSF ($p < 0.05$)	50
Figura 10. Incremento de la calidad de agua en el punto 7, ubicado en el río Cunayacu, sector El Loreto por el método ICA CCME ($p < 0.01$)	50
Figura 11. Gráfico de la prueba de tukey ICA NSF	68
Figura 12. Gráfico prueba de Tukey ICA CCME	69
Figura 13. Tendencia de la calidad de agua del punto 5 con un p-value no significativo mediante el método ICA CCME	70
Figura 14. Tendencia de la calidad de agua del punto 6 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF	70
Figura 15. Tendencia de la calidad de agua del punto 7 con un p-value no significativo mediante el método ICA CCME	71
Figura 16. Tendencia de la calidad de agua del punto 8 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF	71
Figura 17. Tendencia de la calidad de agua del punto 8 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF	72

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título.

“Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020”

Lugar de ejecución.

Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Microcuenca media del río Cutuchi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia.

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

Métodos de evaluación de calidad de agua

Equipo de Trabajo:

COORDINADOR DEL PROYECTO: MsC. Kalina Fonseca.

TUTOR: Ph.D. Mercy Ilbay.

ESTUDIANTE: Srta. Eddytha Castro.

LECTOR 1: Dr. Carlos Mantilla.

LECTOR 2: MsC. Vladimir Ortiz.

LECTOR 3: MsC. Kalina Fonseca.

Área de Conocimiento:

El área de conocimiento: Servicio

Subárea: Protección del medio ambiente.

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublínea de investigación por carrera

Manejo y conservación del recurso hídrico.

Línea de vinculación CAREN

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La contaminación de los ríos, es un problema que se ha incrementado con el paso de los años el cual afecta gravemente la biodiversidad acuática y desarrollo productivo de la zona. Es por ello que se realizó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar la tendencia de la calidad del recurso hídrico en la parte media de la microcuenca del río Cutuchi. Se utilizó los datos de la Fundación Natura y INHAMI-SENAGUA para un periodo de cuatro años (2010-2013). La calidad de agua se evaluó mediante los Índices de calidad CCME y NSF y las tendencias de la calidad del agua por medio del test no paramétrico de Spearman's Rho. En los resultados evidenciaron que los parámetros pH (6.99), sólidos totales disueltos (532.5 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno (28.12mg/l), oxígeno disuelto (26.74 %) y coliformes fecales (1421.93 NMP/100ml) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA para agua de riego y/o de consumo humano. El análisis de calidad de agua promedio anual por el método ICA NSF determinó que los tres primeros puntos fueron de media calidad y los cinco restantes de mala calidad. Por el método ICA CCME fue regular para el punto 3, marginal para los puntos 1, 2, 4, 5, 6 y 8. Sin embargo este método determinó al punto 7 como pobre. En el análisis de tendencia se observó que el punto 4 ubicado en el sector el Loreto presenta un leve mejoramiento que va de mala a buena.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Estudios realizados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), y el Ministerio del Ambiente demuestran que el Cutuchi es un río muerto por los altos niveles de contaminación ubicándolo entre uno de los cuatro ríos más contaminados del Ecuador, es por ello que se realizó este proyecto ya que hasta la actualidad no ha existido una investigación en la cual se dé la tendencia de cómo ha evolucionado la contaminación de la parte media del río Cutuchi. Una vez que se inició con la investigación se revisó fuentes bibliográficas en torno al tema planteado, y a su vez se verificó los contactos con expertos que aportaron con sus experiencias para estructurar el trabajo investigativo, así como los acercamientos con las diversas instituciones encargadas de velar que las microcuencas no sean un foco de infección que directamente afectan a la vida y a la salud de los individuos, por lo que este trabajo tendrá la factibilidad de realizarlo. Resultará de mucho interés, el desarrollo de la investigación ya que la comunidad que se

encuentra afectada necesitará contar con herramientas que ayuden a evaluar cómo ha ido aumentando o disminuyendo la contaminación en el río Cutuchi con el transcurso de los años. Los beneficiarios directos serán los moradores del cantón Latacunga, siendo beneficiarios indirectos todos los moradores del cantón Salcedo y la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que podrán utilizar la información obtenida. La utilidad teórica estará determinada por una recopilación de información que será seleccionada y sistematizada en un documento o informe final que servirá como base de consulta para toda la comunidad dando un impacto positivo. Mientras que la utilidad práctica, estará en la medida en que los conocimientos científicos sean puestos en práctica socializando con la comunidad la descontaminación de las aguas del Río Cutuchi y se puedan desarrollar las estrategias con la finalidad de evitar la contaminación ambiental que mucho daño hace a sus habitantes.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios la parte media de la microcuenca del río Cutuchi.

Beneficiarios Directos	Beneficiarios Indirectos	
La ciudadanía de Latacunga	Comunidades de la cuenca baja	Universidad Técnica de Cotopaxi
Hombres: 82301	Hombres: 27880	Alumnos de primer ciclo en adelante: 10500
		Alumnos nivelación: 1080
Mujeres: 88188	Mujeres: 30336	Docentes: 350
		Funcionarios: 182
Total: 170489	Total: 58216	Total: 12112

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)

(Página Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019)

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según Julia Martínez Fernández la sostenibilidad y el agua van ligadas para el manejo del elemento de vida, el agua es de gran importancia en los sistemas naturales dado a sus múltiples funciones ambientales, como es la subsistencia de la biodiversidad local y con ello el mantenimiento de los ecosistemas que en la actualidad se encuentran afectados por efectos de la contaminación. El Ecuador al igual que otros países buscan alcanzar un desarrollo sostenible

equilibrado para el cuidado ambiental es decir tener una oportunidad de emprender un nuevo camino para mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás, sin embargo, nuestro país presenta un problema grave con la contaminación del agua, debido principalmente al crecimiento poblacional, a la mala gestión y planificación por parte del estado y las autoridades locales para un buen aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos. Así como también por el incumplimiento de las normas y la falta de aplicación de sanciones a los causantes de la contaminación.

Las provincias del Ecuador generan planes de recuperación como muestra de la preocupación del daño ya existente en los ríos del país. No obstante, está nuestra provincia en la cual se ubica el volcán Cotopaxi, del cual se desprenden ríos que pasan por las ciudades y son altamente contaminados. Un causante directo de esta problemática es el crecimiento poblacional en los cantones de la provincia, esto genera aguas residuales que son arrojadas directamente al río sin un debido tratamiento, así como también se da por el mal manejo de los residuos sólidos y vertidos directos de las industrias. La contaminación de los ríos es punto principal de preocupaciones en todos los sectores, Según la Hora en la provincia de Cotopaxi este problema aborda resultados preocupantes, con solo un 15% de las industrias tratan sus residuos, es decir que el 85% derivan sus descargas directamente al río. Producto de esta problemática, el río Cutuchi en la ciudad de Latacunga ha venido sufriendo un deterioro ambiental a gran escala, afectando a los organismos y seres vivos que habitan o que dependen de estos sistemas y, por supuesto, a los seres humanos que dependen en forma vital del recurso, y que a la vez son los causantes de la contaminación y degradación de los recursos hídricos, en particular de los ríos. La influencia antrópica que recibe el río Cutuchi se ve reflejada en este debido a las diferentes actividades industriales, agrícolas y de los poblados, tanto urbanos como rurales. Hay que considerar que en la ciudad de Latacunga existen industrias y grandes plantaciones de brócoli todas estas actividades dejan como resultado que la contaminación en el sector vaya de media a alta. Sin embargo, en este punto el principal problema es el crecimiento poblacional que ha aumentado en un 2,37 %, generando significativas cantidades de aguas residuales que son descargadas de forma directa ya que el municipio no cuenta con plantas de tratamiento y no da cumplimiento a la normativa en el tratamiento de aguas residuales, lo que hace que la calidad del agua alcance niveles muy críticos de contaminación ocasionando un sin número de problemas para las personas y el ambiente.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020.

6.2. Objetivos Específicos

- Recolectar información de monitoreos mensuales y anuales de entidades públicas y privadas mediante la utilización de plantillas, para sistematizar una base sólida de datos.
- Determinar la calidad del agua mensual y anual, mediante la aplicación de los ICA NSF y CCME para los parámetros: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y fosfatos.
- Realizar una evaluación de la tendencia de contaminación con los datos obtenidos en los ICAS mensuales y generar reportes visuales para un periodo de dos años (2010-2011).

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

Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo General: Evaluar las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020.			
Objetivos	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
<p>Objetivo 1: Recolectar información de monitoreos mensuales y anuales de entidades públicas y privadas mediante la utilización de plantillas, para sistematizar una base sólida de datos.</p>	<p>Identificación de los puntos de estudio</p> <p>Recolección de información de SENAGUA/INHAMI y de la fundación NATURA</p> <p>Elaboración de las medidas de resumen para cada punto.</p> <p>Corrección y completación de los datos.</p>	<p>Georreferenciación de los puntos</p> <p>Base sólida de datos</p>	<p>Técnica Bibliográfica:</p> <p>Se recolectó datos de las instituciones mencionadas para los diferentes parámetros y se georreferenciación los puntos mediante la utilización del programa ARCGIS.</p> <p>Se realizó las medidas de resumen (media, mediana, moda, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación) para la corrección de los valores atípicos y completación de los datos faltantes mediante la utilización de la mediana.</p>
<p>Objetivo 2: Determinar la calidad del agua mensual y anual, mediante la aplicación de los ICAS NSF y CCME para los parámetros: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y fosfatos.</p>	<p>Aplicación de los ICAS NSF y CCME para la obtención de la calidad de agua mensual y anual</p> <p>Comparación con los rangos de calidad establecidos para cada uno de los métodos</p>	<p>Calidad de agua de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi por cada método establecido.</p>	<p>TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS:</p> <p>Se analizó los datos mediante la utilización de fórmulas, tablas, gráficas y ponderaciones que cada uno de los métodos tiene.</p> <p>Se comparó los resultados obtenidos con las tablas de rangos de calidad correspondiente a cada método.</p>

<p>Objetivo 3: Realizar una evaluación de la tendencia mensual de contaminación con los datos obtenidos y generar reportes visuales para un periodo de dos años (2010-2011).</p>	<p>Aplicación del análisis de varianza (ANOVA) Elaboración de tablas resumen. Implementación de graficas resultantes del análisis de tendencia.</p>	<p>Resultados de significancias y no significancias del grado de contaminación Tablas Gráficas</p>	<p>TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS: Se realizó el análisis de varianza con los resultados obtenidos de los ICAS anuales de cada uno de los métodos y se lo comparó con la prueba de Tukey al 0.05 mediante la utilización del programa InfoStat. Se elaboró tablas de resumen con los resultados mensuales de los ICA, la mismas que se las corrió en el programa Trend y arrojó datos de comparación con la prueba estadística no estacional de Spearman's Rho. Se implementó graficas que nos muestran si la tendencia de la contaminación en la parte media del río Cutuchi ha ido aumentando o disminuyendo.</p>
---	---	--	--

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Cuenca

Una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Es decir, es una especie de “embudo” del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019).

Una cuenca incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida (Ordoñez Gálvez , 2011).

En la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos: Alto, Medio y Bajo, los cuales en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Ordoñez Gálvez , 2011).

8.2. Subcuenca

Es el conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente (Ordoñez Gálvez , 2011). Es decir, son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada subcuenca (Avendaño, 2016).

Se habla de subcuencas para referirse a los territorios que drenan por cursos de agua que desembocan en el curso principal de una cuenca; o sea la cuenca se subdivide en subcuencas que corresponden a los cursos de agua que terminan en el curso principal (Avendaño, 2016).

8.3. Microcuenca

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas (Ordoñez Gálvez , 2011).

Una microcuenca es aquella cuenca que está dentro de una Subzona hidrográfica o su nivel subsiguiente, cuya área de drenaje es inferior a 500Km², corresponde al área de aguas superficiales, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede

desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar; la microcuenca está delimitada por la línea del divorcio de las aguas (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

8.4. Agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Fernández, 2012).

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández, 2012)

8.5. Agua Dulce

El agua dulce es vital para la vida humana y para el bienestar económico. La sociedad se vio siempre fuertemente atraída por los ríos, lagos, humedales y acuíferos subterráneos para abastecerse de agua para beber, regar los cultivos y hacer funcionar los procesos industriales. Los beneficios de estos usos extractivos del agua dulce tradicionalmente oscurecieron los beneficios igualmente vitales de que el agua permaneciera en sus cauces naturales para mantener saludables los ecosistemas acuáticos. Hay un reconocimiento creciente de que los ecosistemas de agua dulce funcionalmente intactos y biológicamente complejos proveen muchos servicios y materias primas de valor económico a la sociedad (Baron, y otros, 2013).

El agua dulce tiene un contenido reducido de concentración de sales, lo cual la convierte en ideal para el consumo humano. El agua dulce que está disponible en estado líquido representa un porcentaje menor al 1% del agua total que existe en la Tierra (Méndez, 2010).

8.6. Contaminación del agua.

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre, debido a que es un fenómeno ambiental, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para

transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX (Chamorro & Saavedra, 2011).

Existen 3 tipos de contaminantes. Los químicos físicos y biológicos, los contaminantes químicos son los que van a alterar la composición química del agua o reaccionar con ella, los contaminantes biológicos son aquellos organismos o microorganismos que producen daño o se encuentran en abundancia como las plagas, lirios acuáticos que son de propagación rápida. Los contaminantes físicos son aquellos que no reaccionan con el agua, pero producen daño en la vida y en el ecosistema (Baquerizo Cabrera, Acuña Cumba, & Solis Castro, 2019).

Los principales contaminantes de las aguas: Contaminación térmica, partículas sólidas, sustancias peligrosas, compuestos orgánicos biodegradables, sustancias radioactivas, nutrientes en exceso (eutrofización), CO₂ en exceso como humos Industriales, gérmenes patógenos, bacterias, virus (Baquerizo Cabrera, Acuña Cumba, & Solis Castro, 2019).

8.6.1. Fuentes de contaminación.

Fuentes Naturales: Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera formando ácidos y otros compuestos y el suelo mezclándose con minerales (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.) (Taípe & Chiliquinga, 2013).

Fuentes artificiales: Son producidas por el ser humano en actividades industriales, agrícolas y domésticas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos 6 componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos (Taípe & Chiliquinga, 2013).

8.7. Calidad de agua

La calidad de agua es cualquier límite fijado de variación o alteración del estado del agua, juzgado expertamente, en base a datos científicos, para el cual no hay ningún tipo de efectos, generalmente adversos, en su uso por el hombre o para los organismos que lo habiten (Sánchez D., 2016). En general, calidad del agua significa la condición para que pueda ser utilizada para usos concretos por ejemplo para consumo humano debe estar libre de microorganismos, sustancias químicas o sustancias radiactivas además con olor, color y sabor aceptables (Monforte & Cantú, 2009).

Los requerimientos de la calidad del agua varían de acuerdo con el uso que se les vaya a dar, por ejemplo, para agricultura, pesca, propagación de vida silvestre, usos recreativos o industriales específicos o generación de energía. Algunas características del agua adecuadas para un fin pueden no serlo para otro. Es importante mencionar que no se debe confundir los requerimientos de la calidad del agua con los estándares de calidad del agua. Los primeros están

basados en la experiencia del uso y los segundos son cantidades establecidas por instituciones gubernamentales (Salamanca, 2016).

8.8. Criterios de calidad de agua

8.8.1. Parámetros físicos y químicos del agua.

Temperatura

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Este factor está relacionado al Oxígeno Disuelto. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales, a su vez aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. Este parámetro también interviene en el diseño de la mayoría de procesos del tratamiento del agua (Minaya, 2017).

Turbidez

La turbidez se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales; se mide en Unidades Nefelométricas de Turbiedad, NTU (Minaya, 2017).

Sólidos totales disueltos

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, representa la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida y desde 7 a 14 como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO₂, CO₂ disueltos. Las aguas contaminadas por descargas de aguas residuales suelen tener un pH muy ácido (Minaya, 2017).

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y

animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros microorganismos no pueden sobrevivir (Peña, 2007).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, como también en el control del agua potable. La materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua. El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Entre los efectos al ecosistema, se encuentra el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de peces y plantas (Raffo & Ruiz, 2014).

Nitratos

Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación (Minaya, 2017).

Fosfatos

El ion fosfato (PO_4^-) se forma a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

Metales Pesados

Elementos con densidad relativa mayor de 4 o 5, localizados en la tabla periódica con número atómico 22 a 34 y 40 a 52, así como los de la serie de los lantánidos y los actínidos (TULSMA, 2015). Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz García, 2016).

En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, por ejemplo, el organismo requiere de hierro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Otros en cambio no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz García, 2016).

8.8.2. Parámetros microbiológicos del agua:

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45 °C. Estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son E. coli (Minaya, 2017).

8.9. Índice de Calidad de Agua

Un Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta que permite diagnosticar la calidad de este recurso natural. (Rubio Arias, y otros, 2014). En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua (Torres, Cruz, & Patiño , 2009).

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo (Torres, Cruz, & Patiño , 2009)

En la actualidad existen diferentes metodologías para evaluar la calidad de agua de un cuerpo; la diferencia entre una y otra radica en la forma de calcularse y en los parámetros que se tienen en cuenta en la formulación del índice respectivo (Caho & López, 2017).

8.9.1. Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF)

El ICA-NSF es un índice público ya que ignora tanto el tipo de uso que se le dará al agua, como el o los métodos utilizados para determinar las características físico químicas y biológicas. Presenta además una cualificación general del estado del agua y resulta un instrumento que permite identificar el deterioro o mejora de la calidad en un cuerpo de agua (Aguirre Cordón, Venegas Chacón, & García Álvarez, 2016)

En 1970, Brown reunió a un grupo de 142 reconocidos expertos en gestión de la calidad del agua a los cuales se les enviaron 3 cuestionarios. En el primero se pidió a los panelistas que consideraran 35 analitos para su posible inclusión en un ICA y añadieran cualquier otro analito que creían que debía ser incluido y luego que calificaran los analitos en una escala de 1 (la más alta significancia) a 5 (la significancia más baja). El propósito del segundo cuestionario era obtener un consenso sobre la significancia de cada analito. De estas dos primeras respuestas se derivan nueve analitos para su inclusión en el ICA. En el tercer cuestionario, se pidió a los dibujar una curva de gastos para cada uno de los nueve analitos. Los niveles de la calidad del agua (WQ) de 0 a 100 se indican en el eje y de cada gráfico, mientras que el aumento de los niveles de cada analito particular, se indica en el eje x. Luego se promediaron todas las curvas para producir una sola línea para cada analito. El análisis estadístico de las puntuaciones habilitó a Brown para asignar pesos a cada analito, donde la suma de los pesos es igual a 1 (Castro, Almeida , Ferrer, & Díaz , 2014).

8.9.2. Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (ICA-CCME)

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés) que fue desarrollado para simplificar el reporte de los datos de calidad de las aguas. Es una herramienta para generar resúmenes de los datos de calidad útiles tanto para técnicos como para políticos, así como para el público en general interesado en ese conocimiento. No es un sustituto de los análisis detallados de la calidad de las aguas (Balmaseda & García, 2014).

Este índice se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud. El alcance (F1) define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas. La frecuencia (F2) se halla por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas. Mientras la amplitud

es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral (Balmaseda & García, 2014).

8.9.3. Diferencias entre el índice NSF y CCME

diferencia entre el ICA NSF y CCME está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo (Torres, Cruz, & Patiño, 2009) se diferencian por parámetros (variables) considerados, rangos de clases y juicios de calidad, lo cual complica su comparación y entendimiento cuando se aplican a una misma fuente de agua (Pérez, Nardini, & Galindo, 2018).

8.10. Río Cutuchi

El río Cutuchi nace desde una altura de 5897 metros, que corresponde a las cumbres del volcán Cotopaxi, hasta los 2400 metros correspondiente a la confluencia con el río Ambato. La subcuenca del río Cutuchi comprende la parte más alta del sistema fluvial “Pastaza-Marañón Amazonas”. Es parte del sistema hidrográfico mayor de la cuenca del río Pastaza. Esta bordeada al oeste y este por las primeras elevaciones de la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental del Ecuador, respectivamente (Bustamante, 2012)

El río Cutuchi es considerado “un río muerto” por toda la contaminación que arrastra en su paso por las poblaciones ribereñas, solo a su paso por Latacunga lleva los desperdicios de otros cuatro ríos en las mismas condiciones (Ministerio de Salud Pública, 2014).

Su recorrido es muy largo atraviesa las provincias de Cotopaxi (Salcedo), Tungurahua (Ambato, Baños) y Pastaza y en su curso lleva también la basura de esas poblaciones; pero lo grave del asunto es que esas putrefactas aguas en su recorrido son utilizadas para regadío, tal es el caso del canal Latacunga-Ambato de 46 kilómetros de distancia; que con sus aguas contaminadas sirve para el riego en Tungurahua (Ministerio de Salud Pública, 2014).

8.11. Medidas de resumen

8.11.1. Medidas posicionales:

Media aritmética:

La media aritmética es el valor obtenido sumando todas las observaciones y dividiendo el total por el número de observaciones que hay en el grupo. es la medida de tendencia central más conocida, familiar a todos nosotros y de mayor uso, también es fácil de calcular, ya sea de datos no tabulados (datos simples) como de datos tabulados (datos agrupados) (Universidad Nacional de Callao, 2012).

Mediana:

La mediana es el valor de la variable que ocupa la posición central, cuando los datos se disponen en orden de magnitud. Es decir, el 50% de las observaciones tiene valores iguales o inferiores a la mediana y el otro 50% tiene valores iguales o superiores a la mediana. Si el número de observaciones es par, la mediana corresponde al promedio de los dos valores centrales (Quevedo, 2011).

Moda:

La moda de una distribución se define como el valor de la variable que más se repite. En un polígono de frecuencia la moda corresponde al valor de la variable que está bajo el punto más alto del gráfico. Una muestra puede tener más de una moda (Quevedo, 2011).

8.11.2. Medidas de dispersión o escala:**Varianza:**

La varianza de una muestra o de un conjunto de valores, es la sumatoria de las desviaciones al cuadrado con respecto al promedio o a la media, todo esto dividido entre el número total de observaciones menos 1 (Riquelme, 2019).

Desviación estándar:

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada de la varianza de una población o de una variable aleatoria que la representa. Tiene una gran importancia en la inferencia clásica, sobre todo en relación con el estudio de la distribución normal como uno de los parámetros que determinan la distribución además de la media poblacional (Ruiz Espejo, 2017)

Coefficiente de variación:

Es una medida de la dispersión relativa de los datos. Se define como la desviación estándar de la muestra expresada como porcentaje de la media muestral (Quevedo, 2011).

Rango:

Se define como la diferencia entre el mayor valor de la variable y el menor valor de la variable (Quevedo, 2011).

8.11.3. Medidas de medida:**Simetría:**

La simetría de una distribución de frecuencias hace referencia al grado en que valores de la variable, equidistantes a un valor que se considere centro de la distribución, poseen frecuencias similares (Universidad del Azuay, 2011).

8.12. Análisis Estadístico

La estadística permite generar hipótesis sobre el problema del que provienen los datos y obtener algunas ideas sobre características generales del experimento. Es claro que cualquiera sea el objetivo del análisis a realizar, al tener datos debemos entender tanto estos como el mecanismo que les genera. Así, se facilita que el analista encuentre posibles errores e intuya lo que les ha motivado (Bouza, 2017).

8.12.1. Diseño Completo al Azar.

Los tratamientos en un diseño completamente al azar son asignados aleatoriamente a las unidades experimentales y esto también se da en caso contrario. En la distribución de los tratamientos a las unidades experimentales, el diseño no pone restricciones. El diseño completamente al azar es ampliamente usado gracias a que es un diseño simple de realizar, su aplicación se da cuando se estudian más tratamientos (León, 2002).

– Análisis de Varianza (ANOVA).

El análisis de la varianza (ANOVA, Analysis of Variance, según la terminología inglesa) es uno de los aspectos más interesantes dentro del tema de las pruebas de hipótesis, por el ingenio desplegado en su desarrollo y, quizás, por las variadas formas que puede tomar. El ingenioso fue Ronald Aylmer Fisher (1890-1962), un genetista que fue uno de los estadísticos más influyentes del siglo XX (Dagnino, 2014).

El ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas de gran utilidad y ductilidad. Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes (Dagnino, 2014).

– Pruebas de Comparación Múltiple.

Cuando hay más de dos grupos para comparar, el ANOVA es sólo el primer paso en el estudio de los resultados. Sólo cuando el resultado de un ANOVA es significativo, sugiriendo que hay diferencias entre los grupos, es lícito proceder a averiguar dónde reside la o las diferencias. Esto se realiza con la aplicación de una de diversas pruebas, también pruebas de hipótesis, que se conocen como procedimientos de comparación múltiple (Dagnino, 2014). Entre las más conocidas tenemos: LDS, Dunnett, Duncan, Tukey, Newman-Keuls y Scheffé.

Método de la mínima diferencia significativa (LSD): Se basa en la distribución t de Student. Fue propuesto por Fisher en 1935. No ejerce ningún control sobre la tasa de error, es decir, cada comparación se lleva a cabo utilizando el nivel de significación establecido (generalmente 0.05) (Casas Cardoso & Veitía, 2008).

Método de Dunnet: Sólo es aplicable en la comparación de varias medias con un grupo control, no permitiendo comparaciones entre las mismas medias. El método es exacto cuando el tamaño de las muestras es igual. En caso contrario, se necesitan otras tablas o se puede aplicar el método de Bonferroni y también el de Newman-Keuls, perdiendo en ambos casos potencia (Diagnino, 2014).

Método de Duncan: En este caso las comparaciones entre las medias no se hacen utilizando una única diferencia crítica como se hace por ejemplo en una prueba t de Estudiante o en la LSD de Fischer. La prueba de Duncan ajusta la diferencia crítica considerando si los dos promedios que se comparan son adyacentes o sí por el contrario existe uno o más medias entre las medias que se están comparando (Fallas, 2012).

Prueba de Tukey: Es aplicable sólo a datos pareados, permitiendo la comparación entre todos los pares de medias. Sería el procedimiento más potente y exacto para usar en estas circunstancias y permite el cálculo de intervalos de confianza. Se dice que el test Tukey es exacto en el ajuste de α a 5% (Diagnino, 2014).

Método de Newman-Keuls: También sólo puede ser usado para medias pareadas. El resultado es idéntico al de Tukey con dos pasos, es decir, con dos comparaciones entre medias. Con más comparaciones, puede hacer declarar significativa una diferencia que quizás no lo hubiese sido con el Tukey (Diagnino, 2014).

Método de Scheffé: La principal diferencia entre Scheffé y los otros métodos de comparaciones múltiples es que utiliza la tabla F y no las tablas de rangos estandarizados según la distribución “t” de estudiante de las otras pruebas. Es la más rigurosa (conservadora) y por lo tanto la probabilidad del error tipo I es menor (rechazar H_0 cuando es verdadera); sin embargo, es poco utilizado en la vida real (Fallas, 2012).

8.12.2. Análisis de tendencia

Los análisis de tendencias ayudan a entender los cambios que experimenta una variable, espacial y/o temporalmente. El análisis de la tendencia espacial se conduce para detectar variación del parámetro de una localización a otra; mientras que el análisis de la tendencia

temporal se realiza para detectar si el parámetro ha disminuido o aumentado dentro del periodo de estudio. En algunos casos la tendencia espacial se ha estudiado comparando si el índice de calidad del agua varía entre sitios de muestreo; la tendencia temporal se ha estudiado mediante análisis de componentes principales (Ramos Herrera, Broca Martínez, & Laines Canepa, 2012).

Existen algunas pruebas estadísticas que se utilizan en el análisis de tendencias:

Prueba T de Sen: La prueba T de Sen es una prueba de rango alineado que sugiere remover el ciclo estacional de la serie mediante la substracción a cada dato de la media mensual promediada en los años y la posterior asignación de rangos a cada diferencia (Cantor Gómez, 2011).

Prueba Van Belle & Hughes: Van Belle y Hughes (1984) consideraron la importancia en la evaluación de la heterogeneidad de tendencia entre meses o estaciones, demostrando que el resultado de una prueba de tendencia (Cantor Gómez, 2011).

Prueba RHO de Spearman: La prueba rho de Spearman es una prueba de rango no paramétrica que determina la existencia de correlación entre pares de datos consecutivos en una serie de tiempo. Esta prueba es la más utilizada en factores ambientales, es por ello que se escogió para el presente proyecto de investigación (Cantor Gómez, 2011).

Prueba de Mann Kendall: La prueba de Mann Kendall se basa en el cálculo del estadístico S. La hipótesis nula de la prueba de Mann Kendall afirma que los datos de una serie de tiempo son independientes e idénticamente distribuidos. Sin embargo, bajo la existencia de una autocorrelación positiva en los datos, incrementa la posibilidad de detectar tendencias cuando realmente no existen y viceversa (Cantor Gómez, 2011)

8.13. Programas Informáticos

8.13.1. Arcgis.

ArcGIS es un “software” de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica (Puerta, Rengifo, & Bravo, 2011).

8.13.2. InfoStat

InfoStat es un software para análisis estadístico de aplicación general. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Es importante la sencillez de su interfaz combinada con capacidades profesionales para el cálculo y el manejo de datos (Zambrano, 2012).

8.13.3. TREND

TREND está diseñado para facilitar las pruebas estadísticas de tendencia, cambio y aleatoriedad en datos hidrológicos y otras series de tiempo. Tiene 12 pruebas estadísticas (eWater Toolkit, 2018)

8.13.4. Calculating NSF Water Quality Index (WQI)

La calculadora actualizada permite ingresar la latitud y longitud del sitio o elegir esta ubicación del Mapa de Google Earth. La calculadora completa el cálculo individual y grupal y le permite generar un informe personalizado. (Oram, 2014).

8.14. MARCO LEGAL

8.14.1. CONSTITUCION DEL ECUADOR

La Constitución de la República del Ecuador fue publicada en el R. O. No. 449 del 20 de octubre de 2008. En materia ambiental y de desarrollo, define los lineamientos y principios ambientales generales que forman el marco principal de referencia para el desarrollo de cualquier proyecto, así como las políticas que deben seguirse a nivel nacional, tomando en cuenta incluso puntos de vista de gestión, conservación y participación social; dichas definiciones se dan en diferentes articulados de su contenido, que se detallan a continuación (CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR, 2008):

- El Artículo 3, numeral 7, establece como un deber primordial del Estado el “Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.
- El Artículo 12, señala “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”.
- El Artículo 14, Sección Segunda, reconoce el “Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se 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”.

- El Artículo 15 señala que: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará el derecho al agua”.
- El Artículo 66, numeral 27 establece: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”.

8.14.2. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (ACUERDO MINISTERIAL 097-A)

Se derogan las secciones correspondientes a cacería contenidas en el libro III del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Dado por el Acuerdo Ministerial No. 097-A, publicado en Registro Oficial 387 de 04 de noviembre del 2015. VI. Este texto está conformado por nueve libros: Libro I De la Autoridad Ambiental, Libro II De la Gestión Ambiental, Libro III Del Régimen Forestal, Libro IV De la Biodiversidad, Libro V De los Recursos Costeros, Libro VI De la Calidad Ambiental, Libro VII del Régimen Especial Galápagos, Libro VIII Del ECORAE y Libro IX Del Sistema de Derechos o Tasas, que han sido objeto de varias reformas emitidas por medio de acuerdos ministeriales del MAE, en función de la dinámica de la gestión ambiental en el país, el nuevo marco regulatorio planteado por la Constitución, desde su emisión, y los avances a nivel internacional, tanto en materia de investigación como en requerimientos legales, que actualmente se presentan para poder ejecutar de mejor forma las actividades que implican los diferentes proyectos de desarrollo (TULSMA, 2015).

Principios Básicos. -

3.1.- El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se basa en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad, según principios que se indican en el presente documento.

3.2.- Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del

servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación.

3.3.- Para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el Sujeto de Control debe entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollo del Plan de Manejo Ambiental, en el que se incluya el tratamiento de sus efluentes previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales. Adicionalmente la Autoridad Ambiental podrá solicitar al regulado el monitoreo de la calidad del cuerpo de agua.

3.4.- Si el Sujeto de Control es un municipio o gobiernos provinciales, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

8.14.3. CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental.

En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:

8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación

de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades (Código Orgánico del Ambiente, 2018)

8.14.4. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 8.- Gestión integrada de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Se entiende por cuenca hidrográfica la unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cauce común, incluyen en este espacio poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas.

Artículo 13.- Formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.

Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

Las mismas servidumbres de uso público y zonas de protección hídrica existirán en los embalses superficiales. En los acuíferos se delimitarán zonas de restricción en las que se condicionarán las actividades que puedan realizarse en ellas en la forma y con los efectos establecidos en el Reglamento a esta Ley.

Artículo 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

c) Coordinar con la autoridad ambiental nacional y la autoridad sanitaria nacional la formulación de las políticas sobre calidad del agua y control de la contaminación de las aguas;

Artículo 33.- Ámbito y modalidades de la gestión de los recursos hídricos. La gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el control, conocimiento y sanción de las infracciones.

Artículo 35.- Principios de la gestión de los recursos hídricos. La gestión de los recursos hídricos en todo el territorio nacional se realizará de conformidad con los siguientes principios:

a) La cuenca hidrográfica constituirá la unidad de planificación y gestión integrada de los recursos hídricos;

b) La planificación para la gestión de los recursos hídricos deberá ser considerada en los planes de ordenamiento territorial de los territorios comprendidos dentro de la cuenca hidrográfica, la gestión ambiental y los conocimientos colectivos y saberes ancestrales;

c) La gestión del agua y la prestación del servicio público de saneamiento, agua potable, riego y drenaje son exclusivamente públicas o comunitarias;

d) La prestación de los servicios de agua potable, riego y drenaje deberá regirse por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad; y,

e) La participación social se realizará en los espacios establecidos en la presente Ley y los demás cuerpos legales expedidos para el efecto.

Artículo 57.-Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso

personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho. El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Única del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, 2014).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Es posible realizar un análisis de tendencia de la calidad del agua del río Cutuchi mediante la prueba estadística no estacional de Spearman's Rho?

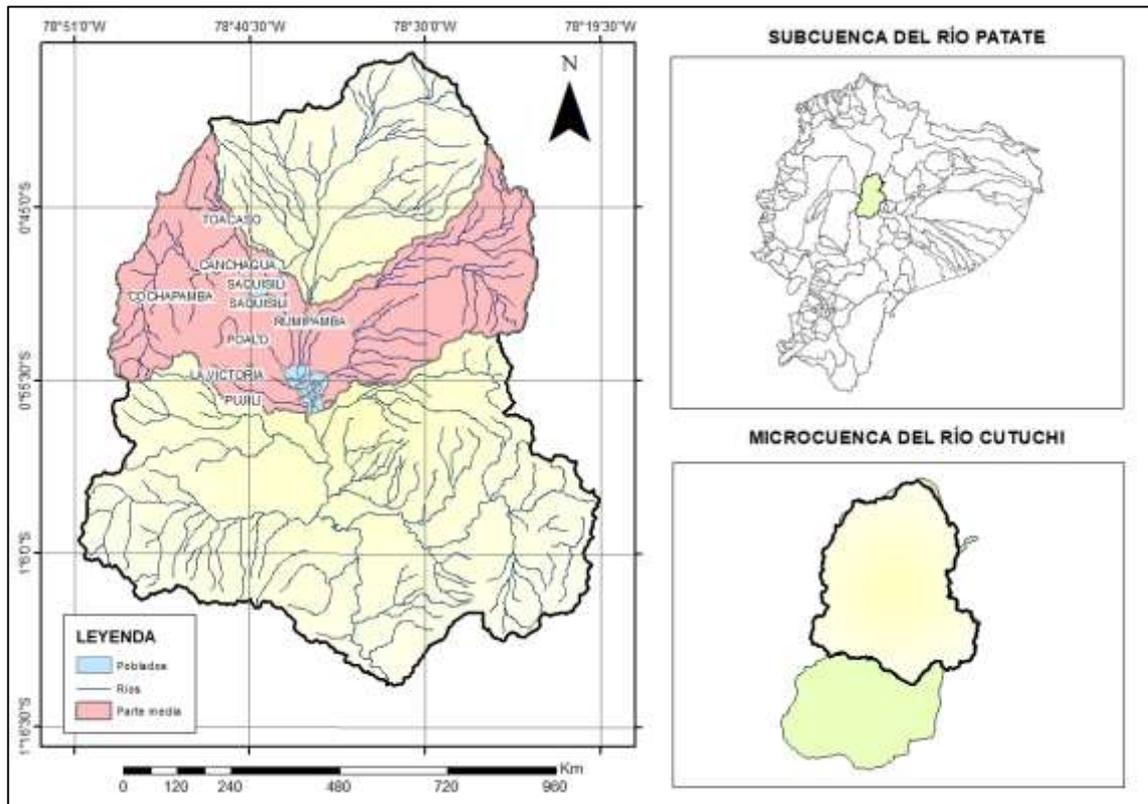
Si es posible, ya que la prueba estadística no estacional de Spearman's Rho nos permite identificar si la calidad de agua ha aumentado o disminuido con el paso de los años, así como también el grado en el que lo ha hecho, sin embargo, para esta investigación es necesario la utilización de más datos para que los resultados sean más exactos.

10. METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL

10.1. Área de Estudio.

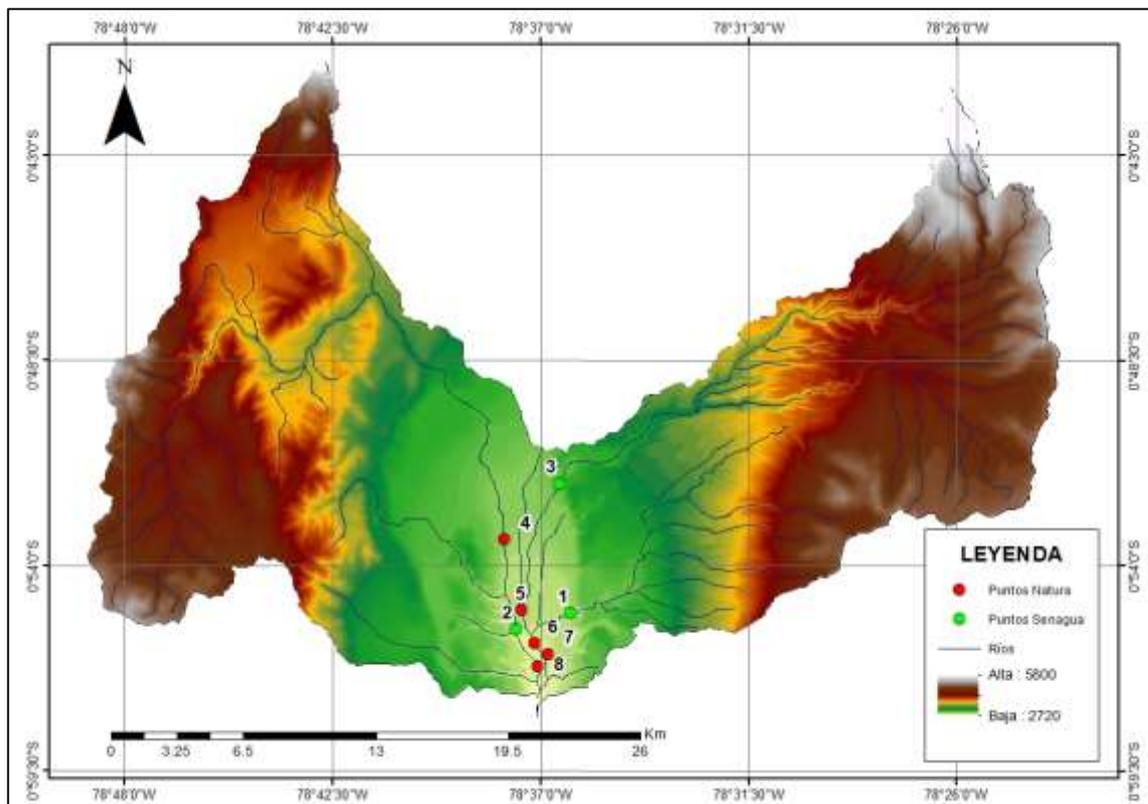
La microcuenca del río Cutuchi forma parte de la subcuenca del río Patate. (Figura 1) Gran parte de la provincia de Cotopaxi, y parte de la provincia de Tungurahua se encuentra atravesada por el río Cutuchi, el cual nace en el lado occidental del volcán Cotopaxi, llegando hasta el cantón Píllaro (Bustamante, 2012). La parte media de la microcuenca del río Cutuchi se encuentra ubicada a la altura de la ciudad de Latacunga y tiene una temperatura ambiente de 5 a 22 °C, la altitud va desde los 2400 msnm a los 5897 msnm, correspondiente a las cumbres del volcán Cotopaxi. El clima es templado (Yáñez Quinatoa & Vásquez Rocha, 2015) y un caudal medio anual de 5.2 m³/seg equivalente a 164 millones de metros cúbicos, el consumo de agua es de 400 millones de metros cúbicos (Pozo, 2012). Según datos de SENAGUA, unas 24 000 hectáreas de pastizales, sembradíos de hortalizas y legumbres son irrigadas con las aguas contaminadas en Cotopaxi y Tungurahua (Maisanche, 2016). El río Cutuchi es un ícono de la capital provincial, sin embargo, está altamente contaminado por las descargas de aguas servidas y desechos industriales que son arrojados sin un tratamiento previo, así como también la falta de cumplimiento a la normativa legal vigente (Garay, 2018).

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi, parte media y sus poblados.



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Figura 2. Parte media de la microcuenca del río Cutuchi y ubicación de los puntos evaluados



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

10.2. Datos.

Se recolectó datos de fundación Natura para el periodo 2010-2011 en cinco puntos a lo largo del río Cutuchi y otros ríos ubicados en el cantón de Latacunga (Figura 2). Los puntos de muestreo se ubicaron en los ríos Pumacunchi (punto 4 y 8), Cutuchi (punto 5 y 6) y Cunayacu (punto 7) (Tabla 3), los datos se encuentran clasificados por meses, de diciembre - mayo (época húmeda) y de junio - noviembre (época seca).

También se trabajó con datos de la red de puntos de calidad de agua INAMHI /SENAGUA, estos puntos de muestreo se ubicaron en los ríos Yanayacu (punto 1), Pumacunchi (punto 2) y Aláquez (punto 3). Las fechas de recolección fueron en octubre del 2012 correspondiendo a la época seca y abril del 2013 época húmeda.

Los parámetros seleccionados para el estudio fueron: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, fosfatos y metales pesados. Para los cuales se trabajó con datos para un periodo de 4 años (2010-2011-2012 y 2013).

Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua en la parte media de la microcuenca del río Cutuchi.

PUNTOS	UBICACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (msnm)	PERIODO
		Longitud	Latitud		
Punto 1	Río Yanayacu	78°36'13"O	0°55'15"S	2800	2012
Punto 2	Río Pumacunchi	78°37'41"O	0°55'40"S	2794	2012
Punto 3	Río Aláquez	78°36'32"O	0°51'47"S	2873	2013
Punto 4	Río Pumacunchi- sector Patután	78°37'59"O	0°52'17"S	2828	2010-2011
Punto 5	Río Cutuchi- sector el Carmen	78°37'30"O	0°55'10"S	2800	2010-2011
Punto 6	Río Cutuchi	78°37'10"O	0°56'04"S	2760	2010-2011
Punto 7	Río Cunayacu- sector el Loreto	78°36'49"O	0°56'21"S	2760	2010-2011
Punto 8	Río Pumacunchi- sector San Rafael	78°37'05"O	0°56'41"S	2760	2010-2011

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020.

10.3. Análisis Exploratorio de Datos (AED).

El AED se lo realizó con el propósito de organizar e identificar tipos de datos, así como también para examinar y evaluar posibles errores en los datos de: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, fosfatos, coliformes fecales, OD, DBO5 antes de determinar la calidad del agua. Mediante la aplicación de este análisis se determinó valores atípicos (boxplots) y medidas de resumen como: posicionales (moda, media y mediana), de dispersión o escala (varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y rango) y de medida (simetría).

Para las medidas de resumen se utilizó las siguientes fórmulas:

- Media

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

dónde: x_i = son los datos

n = el número de datos

- Mediana

$$\tilde{x} = L_{\text{inf}} + \left(\frac{\frac{n}{2} - F_a}{f} \right) C_r$$

dónde: L_{inf} = Límite inferior de la clase donde se encuentra la mediana.

$n/2$ = La semisuma de las frecuencias absolutas.

F_a = la frecuencia acumulada anterior a la clase mediana.

f = La frecuencia absoluta del intervalo mediano.

C_r = Amplitud de los intervalos.

- Moda (Mo)

$$\hat{x} = L_{\text{inf}} + \left(\frac{D_a}{D_a + D_b} \right) C_r$$

dónde: L_{inf} = Extremo inferior del intervalo modal

D_a = Diferencia de la frecuencia con la anterior de clase modal.

D_b = Diferencia de la frecuencia con la posterior frecuencia de la clase modal

C_r = Amplitud de los intervalos.

- Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum fM^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

dónde: $\sum fM^2$ = es la suma del producto de la frecuencia por la marca de clase

\bar{x} = media de las observaciones

n = número de observaciones presentes

- Varianza

$$s^2 = \frac{\sum fM^2 - n\bar{x}^2}{n-1}$$

dónde: $\sum fM^2$ = es la suma del producto de la frecuencia por la marca de clase

\bar{x} = media de las observaciones

n = número de observaciones presentes

- Coeficiente de variación

$$C_v = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media aritmética}} = \frac{100 * s}{\bar{x}}$$

dónde: S = desviación estándar de la muestra

\bar{x} = media de las observaciones

10.4. Índice de calidad de agua (ICA).

Para el análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Cutuchi se utilizó dos tipos de ICA: el Índice de calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA NSF) y el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (ICA CCME)

10.4.1. ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF).

El ICA-NSF es el más utilizado en la valoración de la calidad de aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Es importante considerar que este índice puede modificarse y adaptarse a las condiciones prevalecientes en cada sistema acuático en particular (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016). Se analizó 9 parámetros para determinar el grado de contaminación de la parte media de la microcuenca del río Cutuchi: pH, temperatura (°C), turbidez (UTM), sólidos totales disueltos (mg/l), nitratos (mg/l), demanda bioquímica de oxígeno (mg/l), oxígeno disueltos (% de Saturación), coliformes fecales (NMP/100 ml), fosfatos (mg/l).

Para la obtención del índice de calidad de agua agregado, se usó una suma lineal ponderada, en el cual el resultado debe encontrarse entre un rango de 0 a 100, donde 0 representa la calidad de agua muy mala y 100 la calidad de agua excelente (Nicola Resabala & Proaño Álvarez, 2017). Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

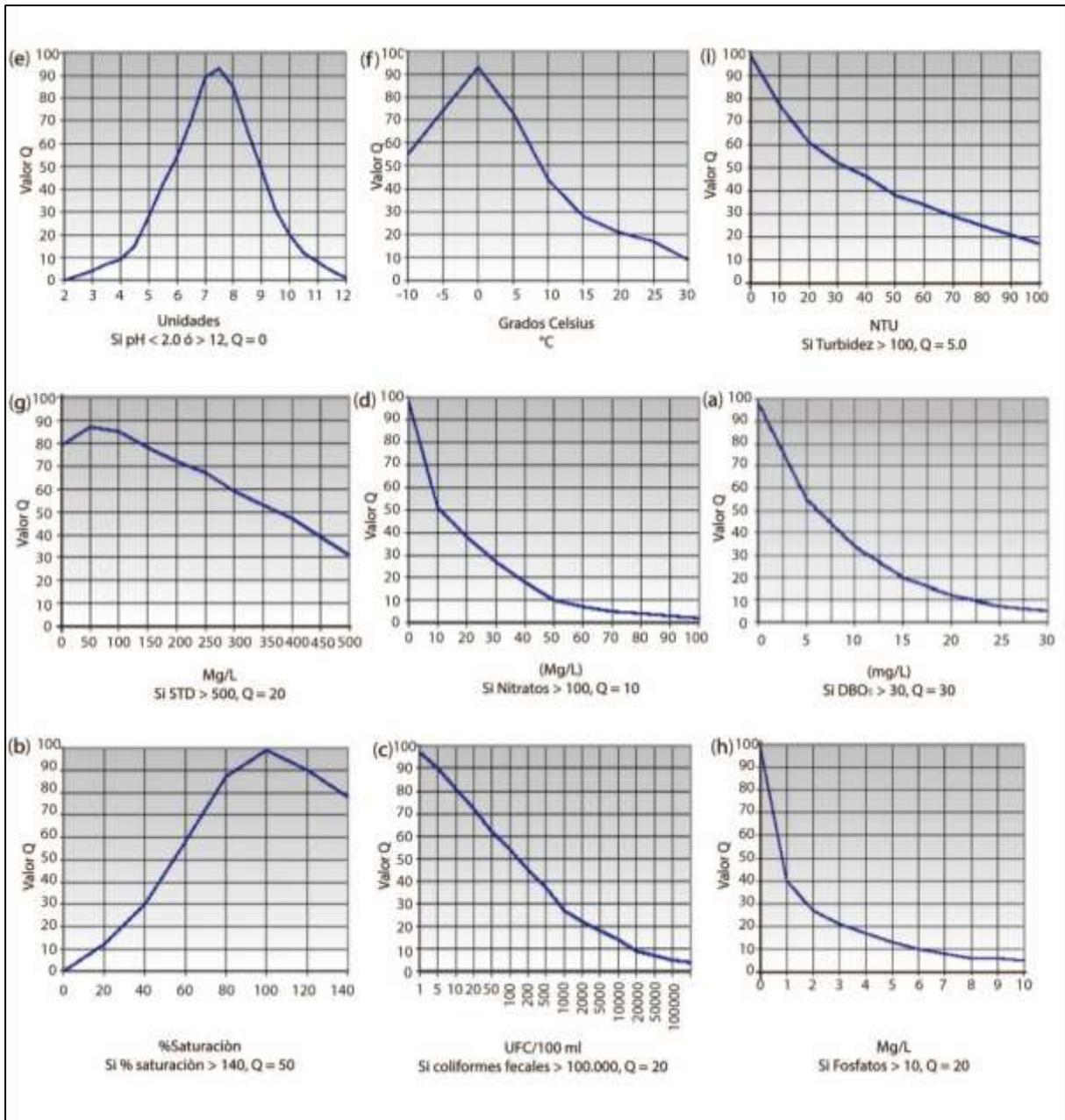
$$INSF = \sum_{i=1}^9 (Sub_i \times W_i)$$

dónde: Sub_i = Subíndice del parámetro i

W_i = Factor de ponderación para el Subíndice i

El Sub_i o valor Q se tomó mediante las gráficas de función de calidad NSF para cada parámetro, en el cual las curvas dan valores entre 0 y 100 para la determinación de la calidad del agua.

Figura 3. Función de Calidad NSF: a) Demanda Bioquímica de Oxígeno, b) Oxígeno disuelto, c) Coliformes fecales, d) Nitratos, e) pH, f) Temperatura, g) Solidos totales disueltos, h) Fosfatos, i) Turbidez.



Fuente: (Laurente, 2015)

El W_i son los pesos establecidos para cada uno de los parámetros que utilizamos, estos valores ya se encuentran establecidos desde que se diseñó este índice de calidad en el año de 1970, para lo cual era fundamental que los pesos sumaran uno. Para lograr esto, se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia (Laurente, 2015).

Tabla 4. Pesos de los parámetros del ICA NSF

Parámetros	Peso ICA
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes fecales	0.15
Ph	0.12
DBO₅	0.10
Nitratos	0.10
Fosfatos totales	0.10
Temperatura	0.10
Turbiedad	0.08
Sólidos Totales	0.08

Fuente: (Castro, Almeida , Ferrer, & Díaz , 2014)

Una vez obtenidos estos valores, se multiplicó el Sub_i por W_i y la sumatoria de los valores obtenidos se la compara con los rangos de valor del ICA-NSF (Tabla 5), dando como resultado la calidad de agua que tiene cada punto.

Tabla 5. Rangos de calidad ICA-NSF

Calidad	Rango numérico
Excelente	90-100
Buena	70-89
Media	50-69
Mala	25-49
Muy mala	0-24

Fuente: (Oram, 2014)

10.4.1.1. Calculating NSF Water Quality Index (WQI)

Para la obtención de los resultados también se utilizó la calculadora del índice de calidad del agua NSF el cual es un programa que se lo puede encontrar en línea (<https://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>), que permite la obtención de la calidad del agua mediante el ingreso de los datos de cada parámetro. Así como también se puede poner la latitud y longitud del sitio o elegir esta ubicación del Mapa de Google Earth. La calculadora completa el cálculo individual y grupal y le permite generar un informe personalizado (Oram, 2014).

10.4.2. ICA del Concejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (ICA- CCME)

El ICA CCME es uno de los más recientes que proponen estructuras de cálculo orientadas a una evaluación más amplia de calidad del agua, en el cual se evalúa para un periodo de tiempo determinado el número de parámetros que exceden un punto de referencia, el número de registros que superan este punto y la magnitud en que se supera esta referencia (Torres, Cruz, & Patiño, 2009). El índice incorpora tres elementos:

- Alcance (F1): Es el porcentaje de los parámetros que incumplen los estándares de calidad.

$$F1 = \left(\frac{\text{Parámetros fallidos}}{\text{Parámetros totales}} \right) \times 100$$

- Frecuencia (F2): Es el porcentaje de valores individuales de cada parámetro que no cumpla con el estándar de calidad.

$$F2 = \left(\frac{\text{Test fallidos}}{\text{Test totales}} \right) \times 100$$

- Amplitud (F3): Es la magnitud en la que los valores se desviaron de los estándares de calidad, para esto se lo realiza en tres partes:
 - a. Primero se calculó la excursión que es el número de veces en las cuales el valor fallido es mayor o menor al objetivo.

En el caso de que el valor no debe exceder el objetivo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Excursión} = \left(\frac{\text{Valor fallido}}{\text{Objetivo de calidad}} \right) - 1$$

En el caso de que el valor no debe ser menor al objetivo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Excursión = \left(\frac{Objetivo\ de\ calidad}{Valor\ Fallido} \right) - 1$$

- b. Para la suma normalizada de excedencias (nse), se suma cada valor obtenido de la excursión y se los divide para el número total de datos.

$$nse = \left(\frac{\sum_{i=1}^n excursión}{Número\ total\ de\ datos} \right)$$

- c. Una vez obtenido el resultado de nse se calcula F3 (Amplitud).

$$F3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

Por último, una vez que se tienen los tres factores (F1, F2, F3), se procedió a calcular el índice CCME mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$ICA\ CCME = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right)$$

Donde: 1.732: Es una constante que ayuda a regular el valor entre 0 y 100

Para la comparación se lo realiza en cinco categorías:

Tabla 6. Rangos de calidad ICA-CCME

Calidad	Rango
Excelente	95-100
Buena	80-94
Regular	65-79
Marginal	45-64
Pobre	0-44

Fuente: (Torres C. , 2018)

10.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada método de calidad de agua, para lo cual se utilizaron los resultados anuales y la prueba de medias por Tukey al 0.05.

10.5.1. Diseño completo al azar

El diseño completamente al azar es aquel que compara dos o más tratamientos, y para ello considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Yepes, 2013). Es el más sencillo y se origina por la asignación aleatoria de tratamientos a un conjunto de unidades experimentales, (Castillo, Mejía, & Arévalos, 2011). Este diseño se lo utiliza cuando las condiciones del sitio experimental son homogéneas

– ANOVA

El análisis de varianza se utilizar para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias de diferentes tratamientos, es decir se va a probar si la hipótesis es nula (todas las medias son iguales) o alternativa (al menos una media es diferente) (Cariaco, y otros, 2012). Es necesario que las medias que se determinan sean independientes entre ellos. Además, los datos deben tener una distribución normal (Amat, 2016). En el caso de este proyecto de investigación el ANOVA se utilizó para datos de un solo factor, siendo el primer paso comprobar si existe significancia del factor o tratamiento en estudio (calidad). En el caso de no haber significancia, no es necesario realizar un análisis de Tukey. Mientras que, Si un Análisis de Varianza resulta significativo, quiere decir que al menos uno de los promedios de la variable respuesta determinado para un tratamiento, es diferente al del resto de tratamientos (Amat, 2016). Para identificar cuál o cuáles promedios son diferentes es necesario realizar una prueba de comparación múltiple, por ejemplo, puede ser que todos los promedios sean diferentes entre sí, o que haya dos grupos que se diferencian, o que solamente uno se diferencie de los demás y así sucesivamente (Wong Gonzáles, 2010)

Se realizó un análisis de varianza para los datos anuales de cada uno de los índices de calidad de agua en donde los puntos de muestreo fueron considerados como los tratamientos y los años como las repeticiones.

– Pruebas de comparaciones múltiples

Entre las pruebas de comparación múltiple más conocidas están: LDS, Dunnet, Duncan, Tukey, Newman-Keuls y Scheffé. Sin embargo, no se obtienen los mismos resultados al aplicar cada

una de estas pruebas, por lo que es necesario conocer cada una de ellas para saber cuándo es apropiado su aplicación (Wong Gonzáles, 2010). La prueba de tukey es la más sencilla de aplicar y tiene un alto nivel de confianza.

La prueba de Tukey es la más utilizada y preferida por los estadísticos, debido a que controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística (α y β) (Aguas, 2016). Para el cumplimiento de esta prueba se lo realizó para los datos anuales del ICA NSF y el ICA CCME y mediante la utilización del programa InfoStat. La fórmula que se utiliza para la obtención de la prueba de tukey es:

$$w = q \times \sqrt{\frac{CME}{\tau}}$$

dónde: w= comparador para los tratamientos

q= valor de la tabla de tukey a tres niveles de significancia 5% y del 1%

CME= cuadrado medio del error

τ = la repetición

10.6. Análisis de Tendencia

El análisis de tendencia se lo realizó con la utilización de los resultados obtenidos para los Índices de calidad mensuales. Para lo cual se trabajó con la prueba estadística no estacional de Spearman's Rho. El valor $r = 1$ significa una correlación positiva perfecta y el valor $r = -1$ significa una correlación negativa perfecta. Esa correlación es diferente a la que propone Pearson que es la determinación de la fuerza y la dirección de la relación lineal entre sus dos variables, en cambio con la correlación de Rho se puede determinar la fuerza y la dirección de la relación monótonica entre sus dos variables. En este proyecto se utilizó la de Rho para comprobar si los parámetros de calidad del agua están correlacionados con el tiempo. Se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$r = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N^3 - N}$$

Dónde: D= diferencia en rangos emparejados

N= número de casos

Todo este proceso de obtención de la tendencia de calidad de agua se lo realizó mediante el software de trend.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Análisis exploratorio de datos

– pH

Se determinó que el pH medio mensual para la parte media del río Cutuchi fue ligeramente ácido (6.99) y su mediana fue un pH neutro (7.45), sin embargo, la moda fue ligeramente alcalina (8.56). Es decir, la distribución de los pH fue asimétrica con cola a la izquierda (Figura 4a). El pH presentó una mediana dispersión de sus valores (ligeramente ácido a ligeramente alcalino) y un coeficiente de variación $< 25\%$. El rango de pH se encontró dentro de su escala (0 a 14). Sin embargo, su valor mínimo es de 4 el cual se categoriza como ácido y se encuentra fuera del límite máximo permisible según el Acuerdo Ministerial 097-A para agua de riego y de consumo humano (6-9). Según Luis Fernando Londoño y otros autores (2016), consideran que el agua muy acida puede ser perjudicial ya que esta puede destruir metales o disolverlos. Es importante considerar que los seres humanos necesitan pequeñas cantidades de metales (cobre, zinc, hierro, etc.) para sus funciones biológicas, sin embargo, cuando estos se encuentran con una concentración excesiva pueden afectar los procesos biológicos y fisiológicos en el organismo.

– Temperatura

La Temperatura media mensual en la parte media del río Cutuchi fue de 4.94 °C, su mediana fue de 5°C, y su moda de 2°C. Es decir, la distribución de la temperatura fue simétrica (Figura 4b). Para la temperatura se tiene una alta dispersión de sus valores, y un coeficiente de variación mayor al 25% (63.64%). Según Antonio Aznar Jiménez (2000), la temperatura afecta a la solubilidad de las sales a menor temperatura mayor solubilidad, así como también influye en el contenido de OD a mayor temperatura menor cantidad de oxígeno disuelto.

– Turbidez

Se estableció que la turbidez media mensual en la zona media del río Cutuchi fue de 15.46 NTU, la mediana de 15.73 NTU, y la moda de 29 NTU. Debido a que la variación entre la media y la mediana es mínima y su rango es amplio (2.4 a 42), la distribución presenta un ligero sesgo a la derecha (Figura 4c). La turbidez tiene una alta dispersión de los datos y un coeficiente de variación mayor al 25% (72.08%). El rango se encontró dentro de la escala establecida por

el Acuerdo Ministerial 097-A para consumo humano y domestico (0 NTU a 100 NTU). Carmen Gonzales Toro (2011), manifiesta que cuando la turbidez supera el límite máximo permisible no puede ser utilizada para consumo humano y es necesario realizar una desinfección mediante un tratamiento del agua, así como también si se tiene alta turbidez afecta a los aspersores de agua por lo que no se puede utilizar en los sistemas productivos.

– **Sólidos Totales Disueltos**

Para los sólidos totales disueltos su media es de 532.5 mg/l, una mediana de 539 mg/l y una moda de 539 mg/l. la distribución de los valores de los Sólidos totales disueltos es ligeramente asimétrica (Figura 4d). Tiene una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación mayor a 25 % (34.21%). Su rango es muy amplio (148.81 mg/l a 1027.44 mg/l). Sin embargo, se encuentra dentro de su escala para agua de riego (0 mg/l a 2000 mg/l). Según Luis Sánchez & Christian Viáfara (2014), los Solidos Totales Disueltos afectan al agua de riego debido a que se adhieren a las paredes de los conductos y los descomponen, por otro lado, también dan un sabor de metal al agua y con ello a los alimentos.

– **Nitratos**

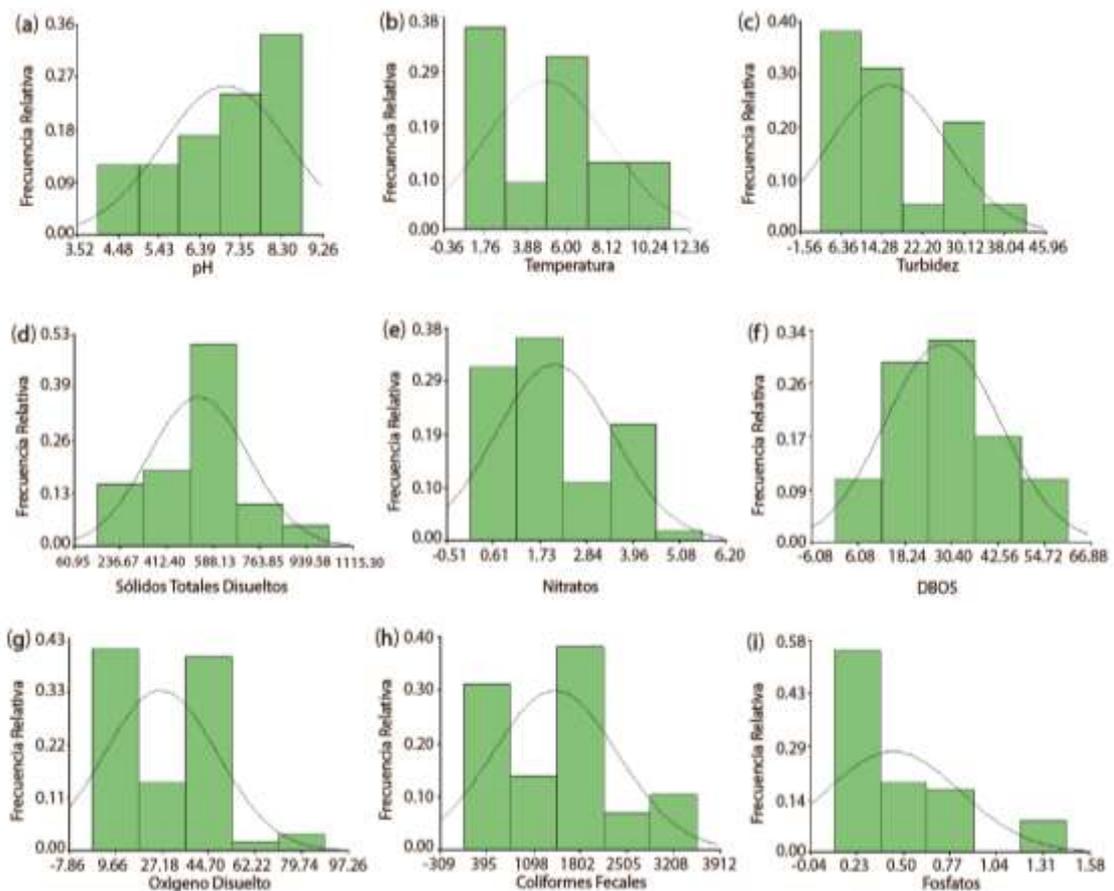
Se determinó que los nitratos tienen una media mensual para la parte media del río Cutuchi de 2.08 mg/l, la mediana fue de 2 mg/l, y la moda fue de 4.47 mg/l. es decir, la distribución de los nitratos es simétrica (Figura 4e). En cuanto a la dispersión de sus valores es alta y tiene un coeficiente de variación mayor a 25% (66.32%). El rango de los Nitratos se encuentra dentro de su escala para la preservación de vida acuática y silvestre en agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097-A (0 mg/l a 13 mg/l). Mercedes Arauzo y otros autores (2006), manifiestan que las aguas que poseen altos contenidos de nitrato consecuencia de las prácticas de fertilización agrícola causan contaminación en los recursos hídricos, esto puede afectar directamente a la salud humana y a la vida acuática causando la muerte en las especies que se encuentren en el sector.

– **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

En la DBO la media mensual para la parte media del río Cutuchi fue de 28.12mg/l, la mediana fue de 25 mg/l, y la moda fue de 25 mg/l. Es decir, la distribución del DBO5 fue ligeramente asimétrica (Figura 4f). El DBO5 presentó una alta distribución de sus valores, y un coeficiente de variación mayor a 25% (51.98%). El rango se encuentra fuera de la escala del Acuerdo Ministerial 097-A para la preservación de vida acuática y silvestre en agua dulce (0 mg/l a 20

mg/l). Según Eduardo Raffo Lecca & Edgar Ruiz Lizama (2014), la susceptibilidad en las aguas superficiales se ve dado principalmente por las industrias y la población, cuando el DBO5 supera los límites máximos permisibles afectan a las corrientes de agua y a las aguas estancadas, es así que la materia orgánica consume gran cantidad de oxígeno para ser degradada y al existir un alto contenido orgánico los hongos y las bacterias muestran un mayor crecimiento, lo cual afecta a la flora y fauna acuática y provoca la desaparición de especies.

Figura 4. Histogramas por parámetro: a) Ph, b) Temperatura, c) Turbidez, d) Sólidos totales disueltos, e) Nitratos, f) DBO5, g) Oxígeno Disuelto, h) Coliformes fecales, i) Fosfatos



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

– Oxígeno Disuelto (OD)

El OD medio mensual para la parte mensual del río Cutuchi fue de 26.74 % de saturación, la mediana fue de 34.93 % de saturación, y la moda fue de 36.3 % de saturación. Debido a que la variación entre la media y la mediana es mínima y su rango es amplio (0.9 a 87.6 % de saturación), la distribución fue ligeramente asimétrica (Figura 4g). La dispersión de sus valores es alta y su coeficiente de variación fue mayor a 25% (77.22 %). El rango se encuentra fuera de los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A para la preservación de vida

acuática y silvestre en agua dulce (mayor al 80% de saturación). Juan José Alvarado & José Francisco Aguilar (2009), mencionan que el oxígeno disuelto es fundamental para la vida acuática ya que sin este la gran mayoría de animales marinos morirían, por lo tanto, cuando existen niveles muy bajos de OD puede ser indicativo de que existe altas concentraciones bacterianas.

– **Coliformes Fecales**

Se identificó que la media mensual para las coliformes fecales en la parte media del río Cutuchi fue de 1421.93 NMP/100ml, la mediana fue de 1600 NMP/100ml y la moda fue de 1600 NMP/100ml. Su distribución fue ligeramente simétrica (Figura 4h). Los coliformes fecales presentaron un amplio rango (Tabla 7). La dispersión de los valores de las coliformes fecales es alta y su coeficiente de variación fue mayor a 25% (64.64 %). El rango se encuentra fuera de su escala establecida para agua de riego agrícola en el Acuerdo Ministerial 097-A (0 NMP/100ml a 1000 NMP/100ml). Jesús Mora & Guillermo Calvo (2010), indican que las coliformes fecales se transfieren a través de las excreciones animales o humanas, una de las principales es la *Echerichia coli* que es una bacteria que se encuentra en grandes cantidades en el intestino humano, es así para riego estas bacterias se adhieren a las plantas y al ser consumidas pueden causar infecciones gastrointestinales y hasta la muerte.

– **Fosfatos**

Se determinó que para los fosfatos la media mensual en la parte media del río Cutuchi fue de 0.43 mg/l, la mediana fue de 0.32 mg/l y la moda fue de 0.32 mg/l. Es por ello que la distribución es asimétrica con cola a la derecha (Figura 4i). La dispersión de los valores es alta y su coeficiente de variación es mayor a 25% (88.18%). El rango que presentan los fosfatos va de 0.09mg/l a 1.44 mg/l. El rango se encuentra dentro de su escala para agua de riego según la FAO. (0 mg/l a 2 mg/l) Según Arlenis Quintero y otros autores (2016), los fosfatos desempeñan un papel importante en diferentes procesos entre los que se destacan el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y acción muscular, es por ello que cumplen la función de nutrientes esenciales en los ecosistemas acuáticos, sin embargo, cuando existen concentraciones excesivas puede afectar gravemente a la vida acuática y humana, ya que al consumir alimentos con gran cantidad de fósforo los riñones dejan de funcionar con normalidad y comienzan acumularlo en la sangre.

Tabla 7. Resumen de medidas de parámetros de calidad de agua de la parte media del río Cutuchi

Medidas de resumen	pH	T (°C)	Turbidez (NTU)	STD (mg/l)	Nitratos (mg/l)	DBO5 (mg/l)	OD (% saturación)	CF (NMP)	Fosfatos (mg/l)
Media	6.99	4.94	15.46	532.5	2.08	28.12	26.74	1421.93	0.43
Mediana	7.45	5	15.73	539	2	25	34.93	1600	0.32
Moda	8.56	2	29	539	4.47	25	36.3	1600	0.32
Desviación estándar	1.46	3.14	11.14	182.19	1.38	14.62	20.65	919.16	0.38
Varianza de la muestra	2.14	9.7	124.19	33191.76	1.89	213.67	426.44	844852.35	0.15
Coeficiente de variación	20.93	63.64	72.08	34.21	66.32	51.98	77.22	64.64	88.18
Rango	4.78	10.6	39.6	878.63	5.59	60.8	87.6	3517	1.35
Mínimo	4	0.7	2.4	148.81	0.05	0	0.9	43	0.09
Máximo	8.78	11.3	42	1027.44	5.64	60.8	88.5	3560	1.44
Suma	405.48	286.3	896.7	30884.84	120.36	1631.16	1551.14	82472	25.17
Cuenta	58	58	58	58	58	58	58	58	58

T= temperatura, STD= Sólidos totales disueltos, CF= Coliformes fecales

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

11.2. Completación de datos

La completación de datos faltantes o de valores atípicos se realizó mediante la utilización del valor de la mediana para los valores asimétricos con sesgo a la izquierda o a la derecha. Mientras que los simétricos se completó con la media.

11.3. Índice de Calidad de Agua.

Se realizó el análisis de calidad de agua con los métodos ICA CCME y NSF tanto anual (Tabla 8) como mensual (Tabla 9 y Tabla 10), para los datos de Fundación Natura y de Senagua/Inhami de los cuales se obtuvieron 8 puntos de estudio.

Tabla 8. Calidad de agua anual por el método ICA-NSF e ICA-CCME

Puntos	Año	ICA_NSF	ICA_CCME
Punto 1	2012	55	64.19
Punto 2	2012	52	61.14
Punto 3	2013	54	65.19
Punto 4	2010	41	53.62
	2011	44	66.64
Punto 5	2010	45	53.49
	2011	48	46.13
Punto 6	2010	42	50
	2011	41	45.83
Punto 7	2010	42	42.61
	2011	42	44.88
Punto 8	2010	47	72.42
	2011	47	46.08

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Al realizar la comparación con la tabla de rangos del NSF se obtuvo como resultado que los puntos 1,2 y 3 se encuentran en el rango de 50 a 69 por lo que se encuentran en una calidad de agua media (Tabla 8). Mientras que para los demás puntos su calidad de agua es mala ya que sus valores se encuentran entre 41 a 48.

En el caso del ICA CCME se realizó la comparación con los rangos establecidos para este, y se puede señalar que en los puntos: 1, 2, 5 y 6 el rango se encontró entre 45 a 64 estableciéndose

como una calidad de agua marginal, el punto 3 es regular ya que sus valores oscilan entre 65 a 79, al referirnos al punto 4 podemos decir que para el año 2010 la calidad del agua fue marginal y para el año 2011 fue regular, al comparar con el punto 7 se obtuvo valores entre 0 a 44 en donde dio como resultado que el agua en este punto es de calidad pobre, mientras que para el punto 8 en el año 2010 la calidad de agua se categorizó en el rango de regular y en el 2011 como marginal.

Tabla 9. Calidad de agua mensual por el método ICA NSF

ICA NSF						
Año	Fecha	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
2010	Sep- 2010	47	44	44	43	47
	Oct- 2010	39	42	37	34	47
	Nov-2010	42	44	37	34	46
	Dic- 2010	44	57	54	41	53
2011	Ene-2011	42	47	48	39	55
	Feb-2011	47	47	48	39	47
	Mar-2011	51	41	38	36	33
	Abr- 2011	39	54	52	50	55
	May- 2011	51	44	36	36	43
	Jun-2011	45	46	39	44	44
	Jul- 2011	43	52	43	47	49

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Puesto que para el punto 1, punto 2 y punto 3 no se encontraron los datos mensuales, no se efectuó dicha comparación.

Se hizo la comparación mensual del ICA NSF de los datos de Fundación Natura, para lo cual se tomó en cuenta desde el mes de septiembre del 2010 hasta julio del 2011 para cada punto, en la tabla 9 se puede observar que los resultados del índice de calidad se encuentran entre mala y media, sin embargo, es más abundante la calidad de agua mala para este ICA.

Tabla 10. Calidad de agua mensual por el método ICA CCME

ICA CCME						
Año	Fecha	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
2010	Sep- 2010	71.4	69.4	68.79	68.48	69.85
	Oct- 2010	45.6	42.6	46.75	37	69.85
	Nov-2010	62.46	67.12	44.19	36.99	69.39
	Dic- 2010	69.09	79.83	89.52	74.5	89.02
2011	Ene-2011	67.57	69.85	79.83	64.81	68.02
	Feb-2011	70.86	69.85	79.83	64.53	79.08
	Mar-2011	80.83	71	48.36	43.99	49.19
	Abr- 2011	50.43	80.36	81.11	80.97	77.89
	May- 2011	79.4	30.53	31.67	32.05	36.48
	Jun-2011	70	57.29	57.4	61.42	64
	Jul- 2011	71	54.37	54.85	61.31	75.68

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

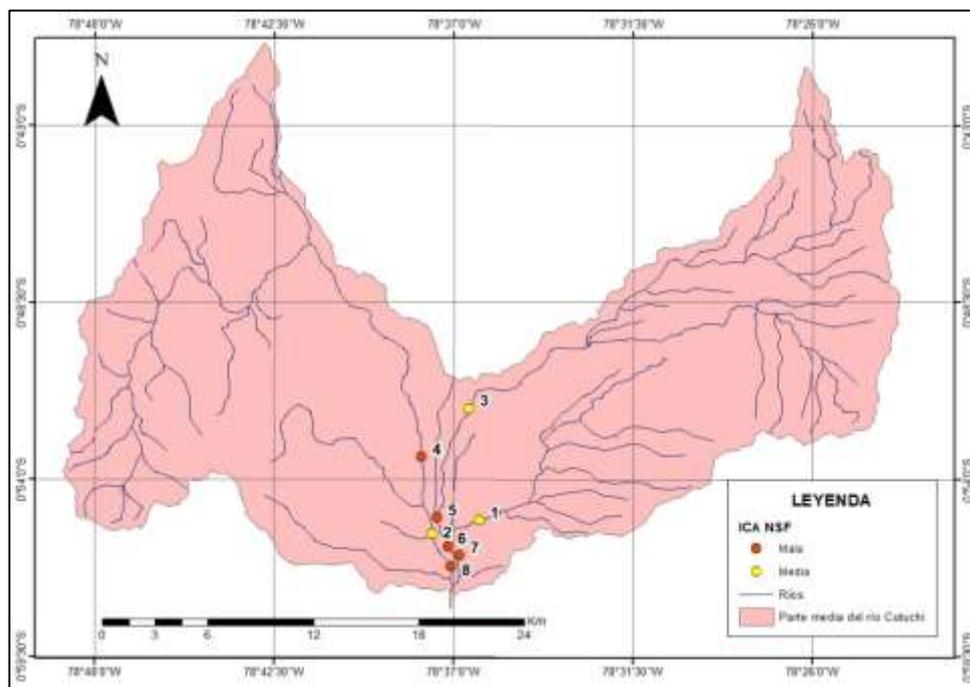
En la tabla 10 se puede evidenciar que para el ICA CCME se trabajó con los mismos meses ya antes mencionados, sin embargo, para el punto 4 los meses octubre, noviembre y abril tienen una calidad marginal, mientras que para los meses de septiembre, diciembre, enero, febrero, mayo y junio sus datos se encuentran dentro del rango de calidad regular que es de 65 a 79, cabe mencionar que el mes con mejor calidad de agua fue marzo con un ICA de 80.83 categorizándose como buena. Al haber comparado el punto 5 con los rangos propuestos por el presente índice se puede observar que se tiene una calidad de agua pobre para los meses de octubre y mayo, así como también se estableció que los meses junio y julio tienen calidad marginal, y el mes de abril una calidad de agua buena, los meses restantes tienen calidad de agua regular. Para el punto 6 se obtuvo como resultado cuatro tipos de calidad de agua pobre, marginal, regular y buena, los meses con la peor calidad de agua fueron noviembre y mayo, mientras que los que se encontraron con buena calidad fueron diciembre y abril.

Con respecto al punto 7 ubicado en el sector el Loreto en la ciudad de Latacunga, se observó que es el punto que tiene más datos de calidad de agua pobre ya que sus valores se encuentran entre el rango 0 a 44, esto se evidenció en los meses de octubre, noviembre, marzo y mayo. Sin embargo, también se encontró meses en los que la calidad de agua se categorizó como marginal,

regular y buena para el mes de abril. Mientras que para el punto 8 la mayor cantidad de meses dieron como calidad regular, los meses de marzo y junio se categorizaron como calidad marginal, el mes de mayo como calidad pobre con 36.48 y el mes de diciembre estuvo en el rango de buena calidad con un valor de 89.02

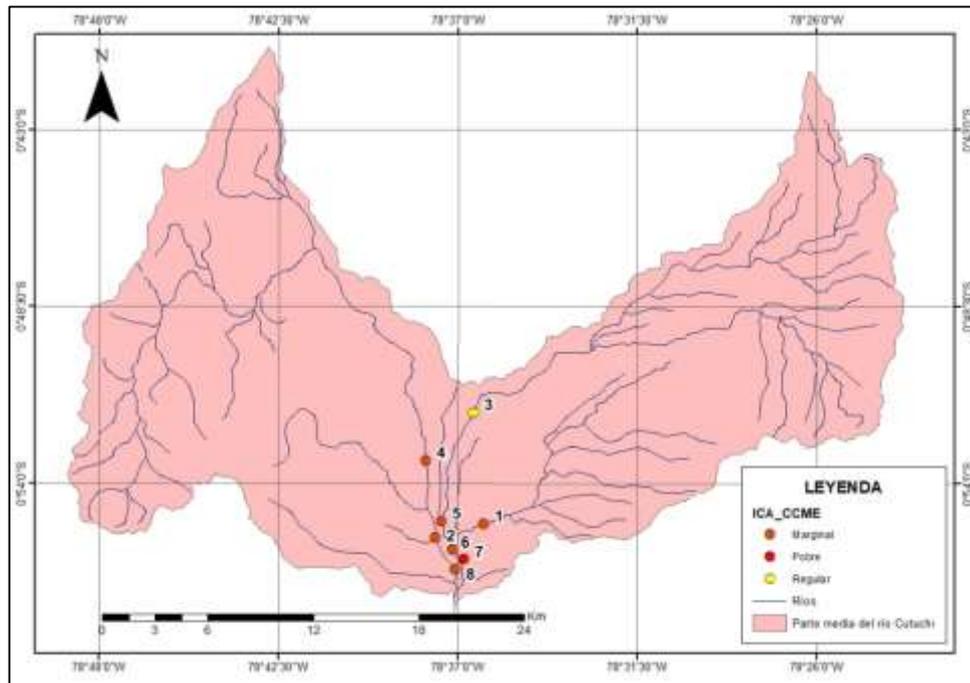
Es importante mencionar que los cambios que existen en los índices de calidad de agua de mes a mes, pueden deberse a la actividad antropogénica es decir a los daños causados por el hombre, así como también a los aspectos naturales.

Figura 5. Calidad de los puntos de muestreo por el método ICA NSF



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020.

Figura 6. Calidad de los puntos de muestreo por el método ICA CCME



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020.

En la figura 5 y 6 se puede observar la calidad de los puntos de calidad de agua los cuales se realizaron mediante un promedio de los datos anuales.

El índice NSF se utilizó ya que es un método simple y conciso para la interpretación de los resultados mediante la utilización de fórmulas, gráficos y pesos de cada parámetro ya establecido. Mientras que el ICA CCME es un método más flexible al momento de comparar y permitió analizar cada uno de los valores de cada parámetro con un punto de referencia.

De igual manera se analizó los metales pesados para el punto 2 que se encuentra ubicado en el río Pumacunchi, sector Eloy Alfaro, en donde se encontraron análisis de Cobre (0.25 mg/l), Cromo (0.071 mg/l), Hierro (0.408 mg/l), Plomo (1 mg/l), y Manganeso (0.312), al comparar con el acuerdo ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente, Criterios de calidad de agua para riego agrícola (Anexo 1), dio que el Cobre y el Manganeso se encuentran fuera de los límites máximos permisibles. Esto se debe a la influencia antropológica ya que en el sector existen gran cantidad de mecánicas, y al regar agua con metales pesados causan contaminación en los suelos y afecta en el crecimiento normal de las plantas lo cual influye gravemente en su productividad.

11.4. Análisis Estadístico

11.4.1. Análisis de Varianza (ANOVA)

Se realizó el análisis de varianza para los dos métodos de los Índices de calidad, tanto el NSF como el CCME, para lo cual se utilizó el programa InfoStat

Tabla 11. Análisis de Varianza ICA NSF

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
PUNTOS	44.72	4	11.18	4.71	0.0813
ERROR	9.50	4	2.38		
TOTAL	54.22	8			

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

El análisis de varianza (ANOVA) identificó que no existen diferencias significativas en la comparación de los cinco puntos para la determinación de la calidad del agua mediante la utilización del método ICA NSF, donde las medias se encuentran en el rango de 25 a 49 categorizadas como de mala calidad, por lo que no es necesario realizar la prueba de comparación de medias (Tukey 5%).

Tabla 12. Análisis de varianza ICA CCME

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
PUNTOS	416.29	4	104.07	1.11	0.4453
ERROR	470.01	5	94.00		
TOTAL	886.30	9			

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Se observó que estadísticamente para el método ICA CCME tampoco existen diferencias significativas en la comparación de medias, sin embargo, al comparar con los rangos establecidos por este método, nos da como resultado que las medias del punto 4, 5, 6 y 8 se encuentran dentro del rango de 45 a 64 por lo cual están dentro de la categoría de agua marginal, mientras que el punto 7 está dentro de la calidad de agua pobre (Anexo 2).

11.4.2. Análisis de Tendencia

Mediante la utilización del programa Trend se realizó el análisis de la tendencia que tiene cada punto para verificar el incremento o disminución de la calidad del agua del río Cutuchi (Tabla 13).

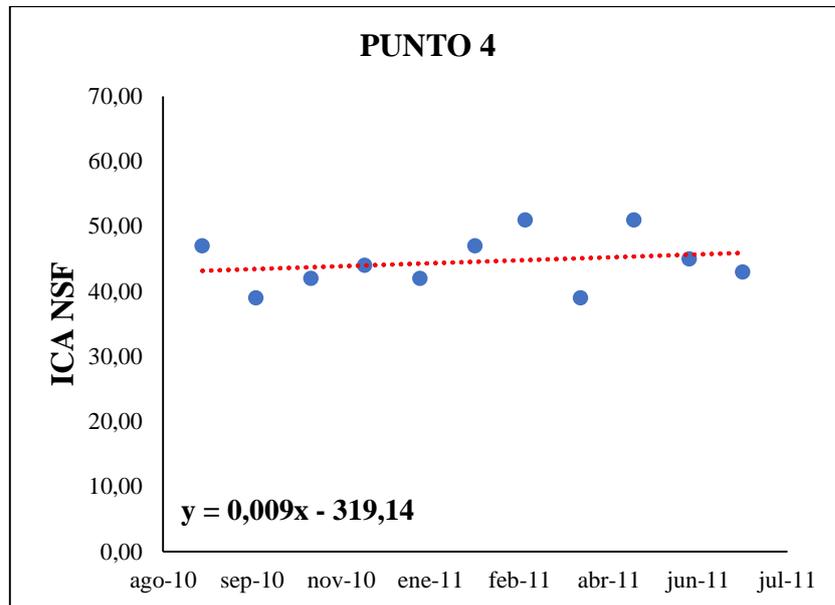
Tabla 13. Análisis de tendencia por la prueba de Spearman's Rho

ICA	Puntos	z	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Significancia
NSF	P 4	0.891	0.822	0.98	1.288	S (0.1)
	P 5	1.179	0.822	0.98	1.288	S (0.05)
	P 6	-0.144	0.822	0.98	1.288	NS
	P 7	1.552	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 8	-0.23	0.822	0.98	1.288	NS
CCME	P 4	1.064	0.822	0.98	1.288	S (0.05)
	P 5	-0.431	0.822	0.98	1.288	NS
	P 6	-0.201	0.822	0.98	1.288	NS
	P 7	-0.374	0.822	0.98	1.288	NS
	P 8	-0.69	0.822	0.98	1.288	NS

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

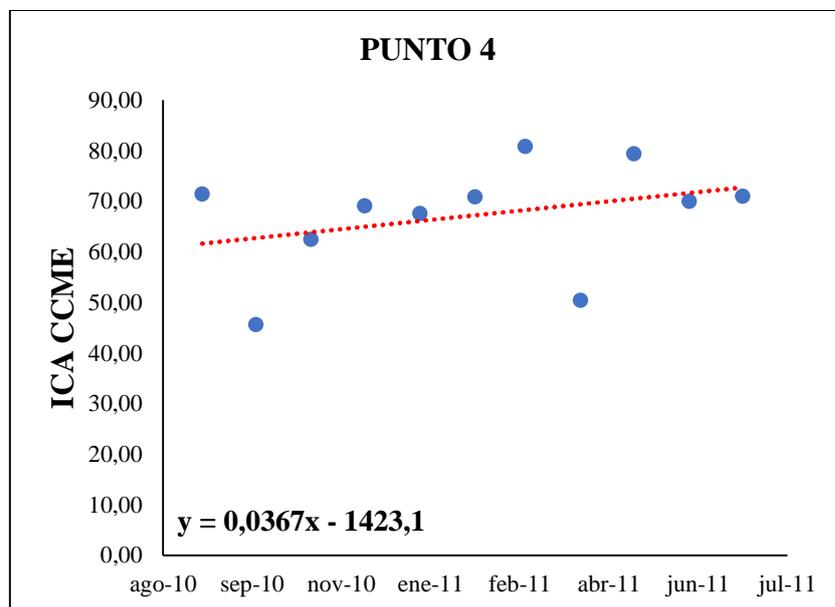
El punto cuatro ubicado en el río Pumacunchi, sector Patután, para el método ICA NSF tiene una significancia positiva al 0.1, mientras que con el método ICA CCME tiene una significancia positiva al 0.05, lo que quiere decir que en un periodo de 2 años el agua ha ido ligeramente mejorando su calidad como se puede observar en la figura 7 y 8. Para el punto 6 ubicado en el río Cutuchi y el punto 8 ubicado en el río Pumacunchi, sector San Rafael, no presentan diferencias significativas para ninguno de los métodos aplicados, es decir no existe diferencia en la tendencia de la calidad de agua.

Figura 7. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, ubicado en el río Pumacunchi, sector Patután por el método ICA NSF ($p < 0.1$)



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

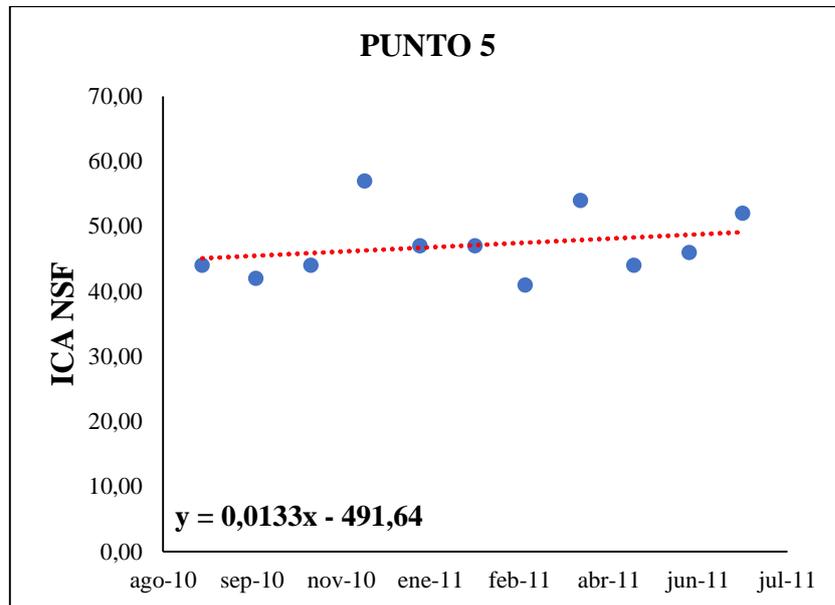
Figura 8. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, ubicado en el río Pumacunchi, sector Patután por el método ICA CCME ($p < 0.05$)



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

En el punto 5 ubicado en el río Cutuchi, sector el Carmen, la significancia fue positiva al 0.05 para el método del NSF, dando como resultado que la calidad del agua ha ido mejorando (Figura 9) de mala a media. Sin embargo, al comparar con el método del CCME, indica que no hay significancia en la tendencia de la calidad del agua.

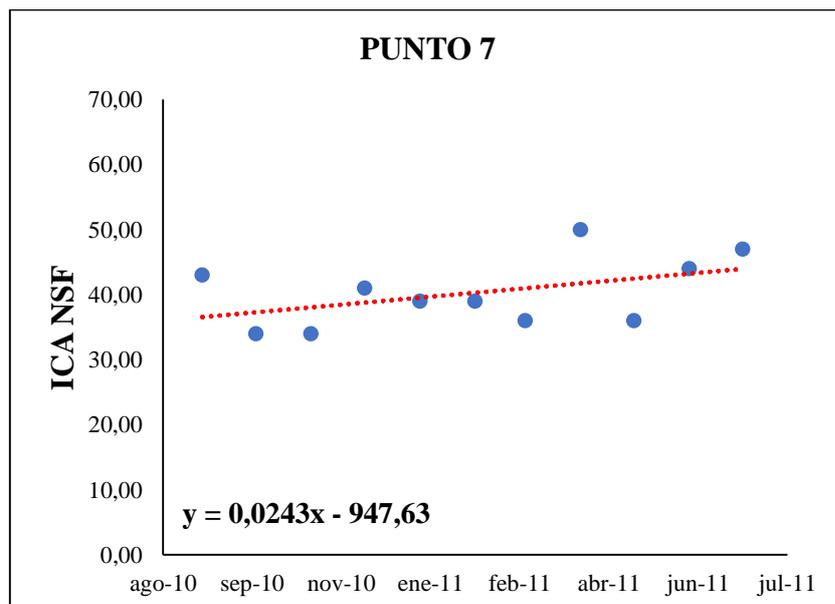
Figura 9. Incremento de la calidad de agua en el punto 5, ubicado en el río Cutuchi, sector El Carmen por el método ICA NSF ($p < 0.05$)



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Para el punto 7 ubicado en el río Cunayacu, sector el Loreto, donde el ICA NSF tiene una significancia positiva al 0.01 (Figura 10) encontrándose en el rango de mala a media, mientras que para el ICA CCME no tiene significancia, es por ello que se considera que la calidad de agua es muy variante de mes a mes.

Figura 10. Incremento de la calidad de agua en el punto 7, ubicado en el río Cunayacu, sector El Loreto por el método ICA NSF ($p < 0.01$)



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

12. IMPACTOS

12.1. Impacto Social

En la parte media de la microcuenca del río Cutuchi la calidad del agua es mala generando impactos negativos a la sociedad ya que esto afecta a la biodiversidad y a la salud humana, por lo que es importante que los agentes reguladores sigan realizando evaluaciones en estos puntos debido a que son focos de contaminación para la población, Es así que SENAGUA deberá gestionar el recurso hídrico en la parte media para que estos puntos sean considerados como puntos críticos, así como también es necesario que el Ministerio del Ambiente y el Gad Provincial regulen para verificar si las empresas tienen sus plantas de tratamiento y cumplen con lo estipulado en la legislación.

12.2. Impactos Ambientales

La contaminación del agua afecta negativamente a la flora y fauna ya que cuando se encuentran fuera de los límites máximos permisibles pueden causar la muerte de muchas especies, en este caso el oxígeno disuelto es un indicador de vida acuática y en algunos puntos se encontró en cantidades bajas, es por ello que las especies no pueden sobrevivir.

12.3. Impacto Económico

Se genera un impacto económico ya que al utilizar el agua para riego de las hortalizas y legumbres los aspersores se pueden descomponer por la acidez del agua o por algunas sustancias que esta posee, también al regar las hortalizas con el agua contaminada estas pueden dañarse lo que provoca un impacto negativo en la economía de los productores y con ello afecta también a la salud de los consumidores.

13. PRESUPUESTO

Tabla 14. Presupuesto

Recursos	Descripción	Cantidad	V. por Unidad (Usd)	Total (Usd)
Humanos	Investigadores	2	30.0	60.00
	Libretas	2	1.00	2.00
De oficina	Esferos	6	0.40	2.40
	Lápices	6	0.40	2.40
	Hojas	1	4.50	4.50
Tecnológicos	Computador	360	0.70	252.00
	Calculadora	1	15.0	15.00
	Impresora (Tinta)	200	0.20	40.00
	Software trend	1	300	300
Subtotal				678.30
10% de imprevistos				67.83
TOTAL				746.13

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

Para la microcuenca media del río Cutuchi se determinó que el pH se encuentra fuera de los límites máximos permisibles tanto para agua de riego como para consumo humano del Acuerdo Ministerial 097-A, así también se consideró la temperatura ambiente del cantón en donde se verificó que existen meses que la temperatura del agua es menor. En las mismas circunstancias se estableció que el Oxígeno disuelto y la Demanda Bioquímica de Oxígeno se encontraron fuera de los límites permisibles para la preservación de vida acuática y silvestre en agua dulce. Por último, se verificó que las Coliformes Fecales y los Metales Pesados (Cobre y Manganeso) también se encontraron fuera de los límites máximos permisibles para agua de riego. Estos parámetros afectaron la calidad del agua del río Cutuchi.

Para la microcuenca media del río Cutuchi el punto más crítico es el punto 7 ubicado en el sector El Loreto ya que su calidad de agua anual fluctúa de pobre a mala. Sin embargo, también se puede considerar como puntos críticos al punto 4,5,6 y 8 ya que la calidad de agua para los dos métodos es mala o marginal esto se debe a la influencia antrópica ya que estos puntos se encuentran ubicados dentro de la ciudad de Latacunga. Cabe destacar que el punto con mejor calidad comparado para los dos métodos (NSF y CCME) es el punto 3 ya que la calidad es media o regular.

Se realizó el análisis de tendencia utilizando los datos mensuales de los ICA CCME y NSF para lo cual se observó que el punto 4 presenta un leve mejoramiento en la calidad de agua que va de mala a buena sin embargo esta evaluación es muy fluctuante ya que el p-value solamente corresponde entre 0,1 a 0,05.

14.2. RECOMENDACIONES

Es importante que en las próximas investigaciones que se realicen en el río Cutuchi, solamente se consideren los puntos críticos para la evaluación de la calidad del agua, así también es necesario que se realicen análisis de metales pesados, ya que hasta la actualidad no existen estudios de dicho parámetro para todos los tramos del río.

Los entes encargados de la protección y preservación de los recursos hídricos deberán controlar que se cumpla con lo establecido en la ley para evitar que los ríos sigan aumentando la contaminación

Es necesario la implementación de plantas de tratamiento en los puntos considerados como críticos para así buscar la mejora de la calidad del agua.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Aguas, L. (2016). Estadística: Prueba de Tukey. Obtenido de <https://es.slideshare.net/LuisFerAguas/estadstica-prueba-de-tukey>
- Aguirre Cordón, R. M., Venegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93245695006>
- Alvarado, J. J., & Aguilar, J. F. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. Revista de Biología Tropical. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918950005>
- Amat, J. (2016). ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias. Obtenido de https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova
- Arauzo, M., Valladolid, M., Martínez, J., & Gutiérrez, C. (2006). Dinamica espacio-temporal del contenido en nitrato de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Oja (La Rioja, España): Vulnerabilidad del acuífero aluvial. Limnetica. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v25n3/02138409v25n3p753.pdf>
- Avendaño, R. (2016). Subcuencas y microcuencas hidrográficas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas>
- Aznar Jiménez, A. (2000). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Balmaseda, C., & García, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf>
- Baquerizo Cabrera, M., Acuña Cumba, M. L., & Solís Castro, M. E. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. Revista de Investigación Científica. Obtenido de <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/118/177>

- Baron, J., Poff, L., Angermeier, P., Dahm, C., Gleick, P., Hairston, N., . . . Steinman, A. (2013). Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. Obtenido de <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf>
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela. *Tecnología en Marcha*. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Bouza, C. (2017). Elementos del análisis estadístico de datos. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/315755914_Capitulo_2_ELEMENTOS_DE_L_ANALISIS_ESTADISTICO_DE_DATOS
- Bustamante, M. (2012). "DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CUTUCHI Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SALCEDO". Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6432/9.20.001884.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Caho, C., & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. REDRAUS. Obtenido de http://www.redraus.com.co/3535_Caho-Lopez2017.pdf
- Cantor Gómez , D. C. (2011). EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE TENDENCIAS DE LARGO PLAZO EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA COLOMBIANA. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11058382.pdf>
- Cariaco, J., Marval, M., Ruiz, J., Ratia, A., Espinoza, E., & Henriquez, L. (2012). Análisis de Varianza. Obtenido de <https://es.slideshare.net/joanmruizanton/analisis-de-varianza-alternativas1>
- Carrillo Alvarado, M. S., & Urgilés Calle, P. D. (2016). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Casas Cardoso, G., & Veitía, N. (2008). Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en Biotecnología vegetal. *Biotecnología Vegetal*. Obtenido de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/337/758>

- Castillo, C., Mejía, C., & Arévalos, J. (2011). Diseño experimental al completo azar. Obtenido de <http://reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/disenio-de-experimentos-al-completo-azar.html>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/811/770/>
- Chamorro, B., & Saavedra, B. (2011). Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuestas de medidas correctivas (Tesis de pregrado). UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/221/1/03%20REC%20123%20CONTENIDO.pdf>
- Código Orgánico del Ambiente. (2018). Registro Oficial Suplemento 983. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR. (2008). Nueva constitución. Ecuador. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp_ecu-int-text-const.pdf
- Dagnino, J. (2014). Análisis de Varianza. *Bioestadística y Epidemiología*. Obtenido de <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Diagnino, J. (2014). Comparaciones Múltiples. *Bioestadística y Epidemiología*. Obtenido de <http://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.08.pdf>
- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURÍMAC Y CUSCO. Obtenido de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- eWater Toolkit. (2018). TREND. Obtenido de <https://toolkit.ewater.org.au/Tools/TREND>
- Fallas, J. (2012). ANÁLISIS DE VARIANZA. Obtenido de http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf

- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Revista Química Viva. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Garay, S. (2018). TEMA: LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS AMBIENTALES Y LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, EN EL PERIODO ENERO 2015 A OCTUBRE 2016. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28220/1/FJCS-DE-1073.pdf>
- González Toro, C. (2011). La turbidez. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2019). Qué es una Cuenca? Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/es/articulos/que-es-una-cuenca-211369?idiom=es>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Estadísticas del País. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Laurente, J. (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://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP_2015.pdf
- León, M. (2002). Manual de aplicación de los diseños experimentales básicos en el paquete NCSS. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos. (2014). Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf?fbclid=IwAR2e7Ml6B96_SWioCc-dearTT2C_tddm7J8n74SL4EO1_cGr04gQ7aVKBRA
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz García, F. G. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

- Maisanche, F. (12 de Octubre de 2016). El plan para limpiar las aguas del Cutuchi arrancará en un mes. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/plan-limpieza-riocutuchi-latacunga-contaminacion.html>
- Martinez Fernandez, J. (2006). Agua y sostenibilidad: algunas claves desde los sistemas áridos. *Polis Revista Latinoamericana*. Obtenido de <https://journals.openedition.org/polis/5096>
- Méndez, Á. (2010). El agua dulce. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/quimica-ambiental/el-agua-dulce>
- Minaya, R. (2017). parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vacante (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Obtenido de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Salud Pública. (2014). Informe de Avance río Cutuchi. Obtenido de https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/sigobito/tareas_seguimiento/1053/avance_rio_cutuchi_informe_diciembre.doc
- Ministerio del Ambiente. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf?fbclid=IwAR31-hsM3LI_LuFdudKkyl10OKICbZwXUq9cY7x42OWAIGuGT7n2vE7QZ-o
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE MICROCUENCAS – PMAM. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuencia.pdf>
- Monforte, G., & Cantú, P. (2009). Escenario del Agua en Mexico. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/44960104_Escenario_del_agua_en_Mexico
- Monge, M. (2017). Interpretación de un análisis de agua para riego. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego?fbclid=IwAR1ABYnnt1jlsJx2tWvM6oOBej4q1o0ILvg46Wt9AS227cl4eR2IBsC25Y>

- Mora, J., & Calvo, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. Tecnología en Marcha. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835746.pdf>
- Nicola Resabala, B. D., & Proaño Álvarez, M. R. (2017). PLICACIÓN DE ICA'S PARA VALORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE CONSUMO DEL GANADO AVIAR EN LA GRANJA ZAMBRANO, CHONE MANABÍ. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/622/1/TMA140.pdf>
- Oram, B. (2014). Water Research Center. Obtenido de Water Research Center: <https://water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>
- Ordoñez Gálvez , J. J. (2011). Que es Cuenca Hidrológica? Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías de calidad de agua de consumo humano. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1&fbclid=IwAR1T-dgeh1N-qv2aysXYIPNTj1s_DT6huVOkhEcFtygFp_DIMnfnbxtnFFU
- Página Universidad Técnica de Cotopaxi. (2019). Total de Alumnos periodo académico Septiembre 2019- Febrero 2020. Obtenido de <http://www.utc.edu.ec/>
- Peña, E. (2007). Calidad de agua. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pérez, J., Nardini, A., & Galindo, A. (2018). Análisis Comparativo de Índices de Calidad del Agua Aplicados al Río Ranchería, La Guajira-Colombia. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n3/0718-0764-infotec-29-03-00047.pdf>
- Pozo, C. (2012). “FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO –COTOPAXI”. Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1939/1/MSc.%2024pdf>

- Puerta, R., Rengifo, J., & Bravo, N. (2011). ArcGIS Básico 10. Obtenido de <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>
- Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. Obtenido de <http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2013/12/Quevedo-F.-Medidas-de-tendencia-central-y-dispersion.-Medwave-2011-Ma-113..pdf>
- Quintero, A., Ayala, C., Gallignani, M., & Quiroz, C. (2016). Determinación de fosfatos en fertilizantes mediante espectroscopia en el infrarrojo medio por transformadas de Fourier en modo Reflectancia Total Atenuada. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/933/93349879001/index.html>
- Raffo Lecca , E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Revista de diseño y tecnología. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>
- Ramos Herrera, S., Broca Martínez , L., & Laines Canepa, J. (2012). Tendencia de la calidad del agua en ríos de Tabasco, Mexico. Revista Ingeniería. Obtenido de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen16/tendencia.pdf>
- Riquelme, M. (2019). Varianza en estadística (Uso, definición y fórmula). Obtenido de <https://www.webyempresas.com/varianza/>
- Rubio Arias, H. O., Ortiz Delgado, C. R., Quintana Martínez, R. M., Saucedo Terán, R. A., Ochoa Rivero, J. M., & Rey Burciaga, N. I. (2014). Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la Boquilla en Chihuahua. México. Ecosistema y Recursos Agropecuarios. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Ruiz Espejo, M. (2017). Estimación de la desviación estandar. ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319332721_Estimacion_de_la_desviacion_estandar
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo Arquitectura. Obtenido de https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/1527/pdf_84

- Sánchez, D. (2016). Calidad del agua y su control. Obtenido de http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf
- Sánchez, L., & Viáfara, C. (2014). Impacto de los sólidos suspendidos totales sobre la obstrucción en emisores de riego localizado de alta frecuencia. Ingeniería y Competitividad. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n2/v16n2a18.pdf>
- Taípe, C., & Chilinguina, V. (2013). Determinación de los contaminantes presentes en las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato; Tramo CEASA UTC (Tesis de pregrado). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2740/1/T-UTC-00277.pdf>
- Toro, C. (2011). Monitoreo de Calidad de Agua. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf?fbclid=IwAR0gAW8Uvb30V2Fym4yKoOrWioqyFKAr2fL4EIIAY2NaH2KQusKO-rUGcIQ>
- Torres, C. (2018). Planteamiento de una metodología para el cálculo de un índice de calidad del agua para el río Machángara, Cuenca alta del río Guayllabamba. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19498/1/CD-8898.pdf>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- TULSMA. (2015). Acuerdo ministerial 097-A. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Universidad del Azuay. (2011). Estadística. Obtenido de <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2011/2do/clase2.pdf>
- Universidad Nacional de Callao. (2012). Medidas de Centralización. Obtenido de https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_JUNIO_2012/IF_CALDERON%20OTOYA_FCA/capitulo%203.pdf

- Wong Gonzáles, E. (2010). ¿DESPUÉS DE UN ANÁLISIS DE VARIANCIA...QUÉ? EJEMPLOS EN CIENCIA DE ALIMENTOS. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43720093016.pdf>
- Yáñez Quinatoa, E. G., & Vásquez Rocha, R. A. (2015). “CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015”. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2768/1/T-UTC-00305.pdf>
- Yepes, V. (2013). Diseño completamente al azar y ANOVA. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/disen-completamente-al-azar-y-anova/>
- Zambrano, F. (2012). INFOSTAT MANUAL DE USOS. Obtenido de https://www.academia.edu/5089755/INFOSTAT_MANUAL_DE_USOS_EJEMPLOS_DE_LOS_PRINCIPALES_M%C3%89TODOS_ESTAD%C3%8DSTICOS_USADOS_EN_INVESTIGACIONES_DE_PI%C3%91%C3%93N_Jatropha_curcas_L_

16. ANEXOS

ANEXO 1.- CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA

Tabla 15. Criterios de calidad de fuentes de agua para consume humano y doméstico

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN-	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l	0,05
Fluoruro	F-	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	<2
Hierro Total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	No2-	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,0,
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO4-2	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UTN	100,0

Fuente: (TULSMA, 2015)

Tabla 16. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y ESTUARIOS				
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	ug/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,010,2	0,01
Clorofenoles		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05

Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	ug/l	10,0	10,0
Plaguicidas organoflorados totales	Organoflorados totales	ug/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6,5-9	6,5-9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO5	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural	-

Fuente: (TULSMA, 2015)

Tabla 17. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr +6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
Ph	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: (TULSMA, 2015)

Tabla 18. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

TABLA 4: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO				
PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad:				
CE	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración:				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40yCE=		5,0	5,9-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos				
Sodio:				
Irigación superficial RAS	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros:				
Irigación superficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Boro:	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos				
Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) Solo aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8.5
Ph	Rango normal		6,5-8,4	

Fuente: (TULSMA, 2015)

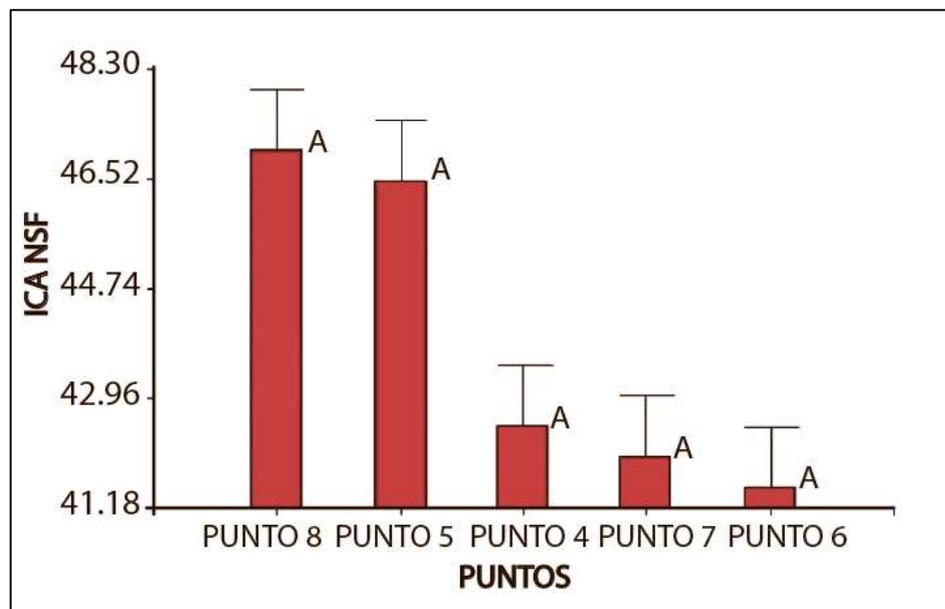
ANEXO 2.- PRUEBAS DE TUKEY PARA LOS ICAS NSF Y CCME

Tabla 19. Prueba de Tukey ICA NSF

PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 8	47.00	1	1.54	A
PUNTO 5	46.50	2	1.09	A
PUNTO 4	42.50	2	1.09	A
PUNTO 7	42.00	2	1.09	A
PUNTO 6	41.50	2	1.09	A

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Figura 11. Gráfico de la prueba de tukey ICA NSF

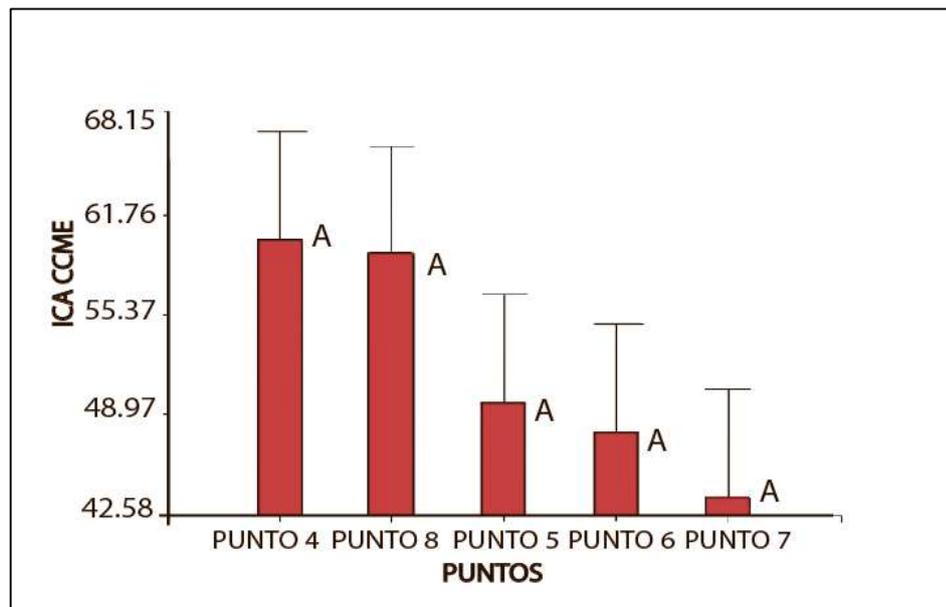


Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Tabla 20. Prueba de Tukey ICA CCME

PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 4	60.13	2	6.86	A
PUNTO 8	59.25	2	6.86	A
PUNTO 5	49.81	2	6.86	A
PUNTO 6	47.92	2	6.86	A
PUNTO 7	43.75	2	6.86	A

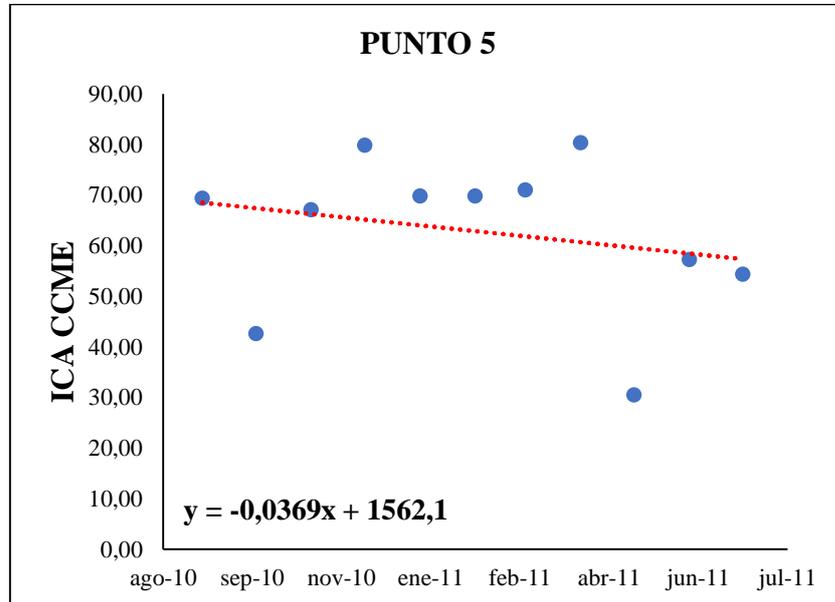
Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Figura 12. Gráfico prueba de Tukey ICA CCME

Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

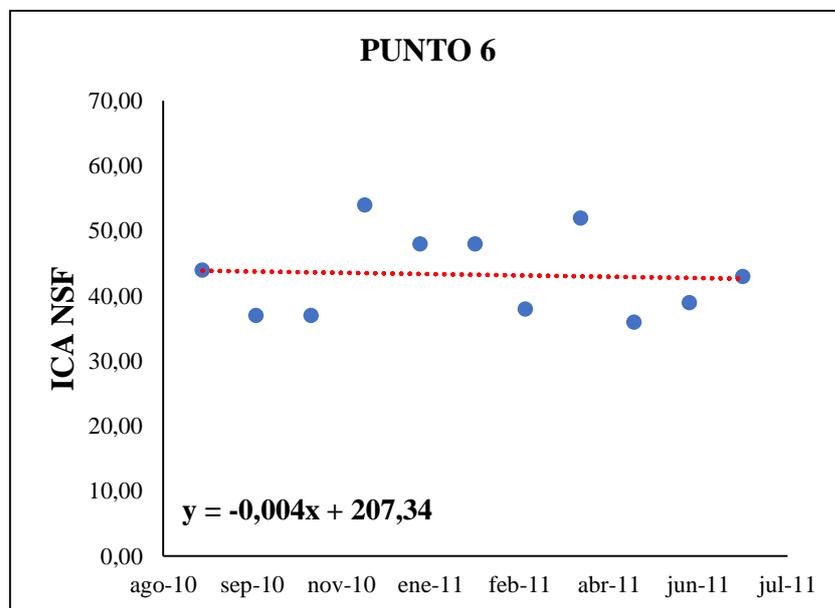
ANEXO 3.- GRÁFICOS DE LOS ANÁLISIS DE TENDENCIA

Figura 13. Tendencia de la calidad de agua del punto 5 con un p-value no significativo mediante el método ICA CCME



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Figura 14. Tendencia de la calidad de agua del punto 6 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

Figura 15. Tendencia de la calidad de agua del punto 7 con un p-value no significativo mediante el método ICA CCME

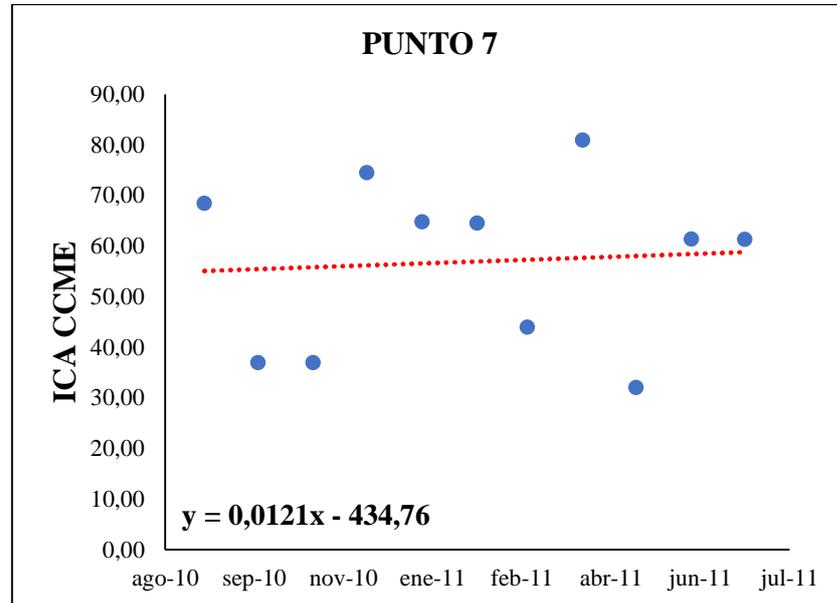


Figura 16. Tendencia de la calidad de agua del punto 8 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF

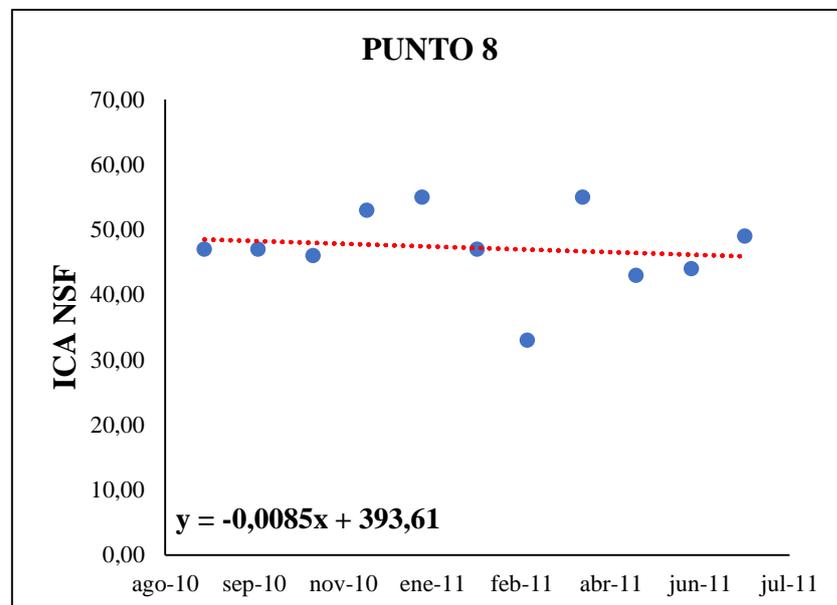
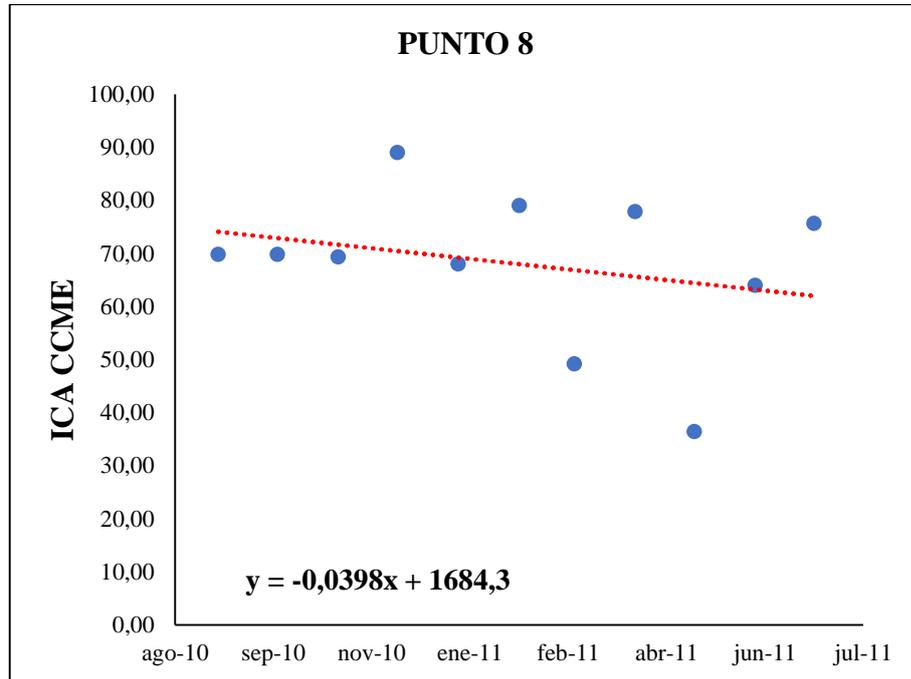


Figura 17. Tendencia de la calidad de agua del punto 8 con un p-value no significativo mediante el método ICA NSF



Elaborado por: Eddytha Castro, 2020

ANEXO 4.- HOJA DE VIDA DATOS PERSONALES TESISISTA

APELLIDOS:	CASTRO VELOZ	
NOMBRES:	EDDYTHA JUDITH	
N° DE CÉDULA:	0504271370	
FECHA DE NACIMIENTO:	19 de Diciembre del 1995	
ESTADO CIVIL:	Soltera	
NACIONALIDAD:	ECUATORIANO	
DIRECCIÓN DOMICILIARIA:	PUJILI BARRIO SEÑOR DE LA BUENA ESPERANZA	
TELÉFONO:	032724707 / 0969001268	
CORREO ELECTRONICO:	eddythacastro@yahoo.com	

FORMACION ACADÉMICA

PRIMARIA: Escuela Santa Mariana de Jesús -

SECUNDARIA: San José “La Salle. – Título de

Bachiller en Químico Biólogo

Asistente de farmacia.- San José “La Salle”.

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi- Noveno ciclo de Ingeniería en Medio Ambiente

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Técnico de la Compañía Consultora INDESVA.
- INGLÉS Nivel Hablado: INTERMEDIO Nivel Escrito: INTERMEDIO

CURSOS Y SEMINARIOS

- ESTRATEGIAS DE SENSIBILIZACION Y CONSERVACION AMBIENTAL EN SECTORES PRIORIZADOS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI
- CONFERENCIA GUIA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES (8 horas)
GAD PROVINCIAL DE COTOPAXI

- ARTE EN RECICLAJE (200 horas) GAD SALCEDO.
- LOS JUEGOS DEL RECICLAJE (320 horas) GAD SALCEDO
- PROYECTOS DGA (40 horas) GAD SALCEDO
- TALLER PREPARATORIO Y ACTIVACION AL EMPRENDIMIENTO JUVENIL (16 horas) SIN ÁREA DE ESTUDIO GOBERNACION DE COTOPAXI
- CONTABILIDAD (420 horas) ECONOMÍA/CONTABILIDAD UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOSE LA SALLE
- SEMINARIO INTERNACIONAL EN FISCALIZACION, SEGUIMIENTO Y (40 horas)
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS (40 horas) UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- I JORNADAS DE DIFUSIÓN AMBIENTAL (30 horas) UTC
- TALLER DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO (40 horas) INGENIERÍA/TÉCNICO
- GAD MUNICIPAL DE PUJILI- PRACTICAS PRE-PROFESIONALES DIRECCION DE GESTION AMBIENTAL DEL 29 DE JULIO AL 17 DE DICIEMBRE DEL 2019. (482 HORAS).

REFERENCIAS PERSONALES

Msc. Judith Ramírez Vaca

TELF:032724528

Ing. César Veloz

TELF:032723140

ANEXO 5.- HOJA DE VIDA TUTORA

HOJA DE VIDA



1. DATOS PERSONALES

Apellidos: ILBAY YUPA	CI: 0604147900
Nombres: MERCY LUCILA	RUC: 0604147900001
Fecha de nacimiento: 30 de octubre del 1983	Lugar: Archidona
Lugar de trabajo: Latacunga	Cargo: Docente-Investigadora
Dirección domiciliaria: Hermanas Páez	Ciudad: Latacunga
E-mail: merckyu@hotmail.com	Celular: 0987533861

2. FORMACIÓN ACADÉMICA

Nº	Títulos de Pregrado	Universidad	País
1	Ingeniera Agrónoma	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador
2	Magister en Riego y Drenaje	Universidad Agraria del Ecuador	Ecuador
3	PH.D en Recursos Hídricos	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú

3. EXPERIENCIA

3.1 Profesional

Nº	Empresa-Institución	Posición	Mes-año	Mes-año
1	MAGAP-Dirección de Riego_Zonal 2	Analista de Tecnificación de Riego	10/2016	05/2017
2	SENAGUA-Dirección de riego y drenaje_Quito	Analista de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje	3/2015	08/2015
3	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo	Técnica especialista de Suelo y Riego	04/2011	12/2013
4	INIAP/Programa Nacional de Fruticultura_Ambato	Técnica	03/2010	02/2011

3.2 Docente

Nº	Cursos - Materias	Institución	Mes-año	Mes-año
1	- Riego y drenaje - Hidráulica - Hidrología - Manejo Integrado de Recursos Hídricos	Universidad Técnica de Cotopaxi	06/2017	Actualidad
2	- Riego y Drenaje - Diseño de sistemas de Riego - Fruticultura	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	03/2014	02/2015

3.3 Consultoría en general

N°	Nombre del proyecto	Institución	Año
1	Estudio técnico de la calidad de agua y uso potencial agrícola de la quebrada Tiliche, barrio Planchaloma La Merced	Junta de agua de riego Tiliche	2017
2	“Estudio Hidrológico de la cuenca alta del río Guayas, para el sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí, Chimborazo”	GAD de Chimborazo	2017
3	Estudio Hidrológico del Sistema de Riego Chambo Guano	Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chambo-Guano-Chimborazo	2012
4	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua	2012
5	Facilitador en Agropecuaria Orgánica: Programa “Soy Emprendedor”	GAD de Chimborazo	2012

4. CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

4.1 Cursos y Seminarios

N°	Nombre	Institución	País	Año
1	Cálculo y evaluación de la huella hídrica como herramienta para la sostenibilidad territorial y la adaptación al cambio climático	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura	Costa Rica	2019
2	Enfoques de la Escuela Nacional de Irrigación Parcelaria	MAG- Cooperación Española	Ecuador	2019
3	Formación en educación a Universitaria a Distancia	Universidad Politécnica de Madrid	Madrid-Ecuador	2019
4	I Congreso Binacional Ecuador-Perú “Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo”	Universidad Nacional Agraria La Molina- UTC	Ecuador	2019
5	Aprendamos a Educar 2	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2019
6	Jornada de capacitación Pedagógica CAREN 18-19	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2019
7	Docencia Universitaria: Planificación y Evaluación Educativa	Universidad Técnica de Ambato	Ecuador	2018
8	Aprendamos a Educar 1	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2018
9	Jornada de capacitación Técnica CAREN 18-19	Universidad Técnica de Ambato	Ecuador	2018
10	Actualización de conocimientos CAREN18-18	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2018
11	La importancia de la irrigación productiva para la agricultura familiar campesina	MAGAP-AECID-IFAD-FAO- BANCO	Ecuador	2017

		MUNDIAL		
12	Regionalización Hidrológica basado en los L-MOMENTOS	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2017
13	Planificación Estratégica en Sistemas de Abastecimiento	AECID-Embajada de España en Bolivia	Bolivia	2017
14	Como publicar un artículo exitoso en revistas internacionales	Universidad Nacional Agraria La Molina – WILEY	Perú	2017
15	Gestión Participativa en Cuencas Hidrográficas	Ministerio del Ambiente- JICA- PANAMA	Panamá	2016
16	Diseño y Sistemas de Riego Por Aspersión Con GESTAR V. 2014	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2016
17	Ordenamiento Territorial Ante el Cambio Climático	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2015
18	Variabilidad Climática y sus Impactos en la Hidrología	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2015
19	Introducción a La Meteorología y a la Climatología Con Énfasis en la Agro meteorología	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014
20	Sistemas de Información Geográfica	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014
21	Evaluación de la calidad de los suelos	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014

4.4. Ponente en Congresos

Nº	Congresos (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	1st International Workshop on the Environment and Climate Change: Towards a Resilient Future For Exosystems (ICEC 2019)	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	11/2019	11/2019
2	III Convención Científica Internacional UTM 2019	Universidad Técnica de Manabí	10/2019	10/2019
3	VI Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	11/2018	11/2018
4	Congreso: Ecosistemas Acuáticos Tropicales en el Antropoceno- ACUATROP	Universidad San Francisco de Quito, la Universidad de las Américas, la Red Macrolatinos, Society for Freshwater Science, la Asociación Ecuatoriana de Limnología, y la Sociedad de Odonatología Latinoamericana	07/2018	07/2018
5	Curso-Taller de “Estadística para Recursos Naturales”	Universidad Técnica de Cotopaxi	04/18	05/2018

6	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	12/2017	12/2017
7	V Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	10/2017	10/2017
8	I Convención Científica Internacional UTM 2019	Universidad Técnica de Manabí	10/2017	10/2017
9	I Congreso Internacional de Agricultura Sustentable	UTC-Coordinación de Educación Continua	05/2017	05/2017
10	IV Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	12/2016	12/2016
11	XV Reunión Binacional Uruguay Argentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	08/2014	08/2014

5. PUBLICACIONES

No.	TÍTULO	EDITORIAL	AÑO PUBLICACIÓN
1	Regionalization of precipitation, its aggressiveness and concentration in the Guayas river basin, Ecuador	La Granja: Revista de ciencia de la vida	2019
2	Comparación de Métodos de Interpolación para la Estimación de Temperatura del Reservorio CEASA	Revista Bases de la Ciencia	2018
3	Estimación de datos faltantes de precipitación en la subcuenca del río Patate	Revista Bases de la Ciencia	2017
4	Efectos del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia hídrica del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	CIDE	2017

6. IDIOMAS

No.	IDIOMA	HABLADO %	ESCRITO %	COMPRESIÓN %
1	INGLÉS	60	70	70
2	PORTUGUÉS	30	40	50

7. INFORMACIÓN ADICIONAL QUE CONSIDERE UTIL

Abanderada de la provincia-ITES Riobamba
Segunda mejor egresada del año 2010-Agronomía-Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH
Becada de la ESPOCH para estudios de tercer nivel
Becada de la OEA para estudios de Doctorado

ANEXO 6.- AVAL DE LA DIRECCIÓN DE INGLÉS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

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 la señorita Egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la facultad de **CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, **EDDYTHA JUDITH CASTRO VELOZ**, cuyo título versa **"EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020"**, lo realizó 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 la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, agosto del 2020

Atentamente,

Msc. Vladimir Sandoval V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502104219



**CENTRO
DE IDIOMAS**