



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO
HÍDRICO DE LA PARTE ALTA 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

Rojas Benavides Carla Yessenia

Tutor

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

LATACUNGA- ECUADOR

Septiembre - 2020

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Carla Yessenia Rojas Benavides, con C.C. 1725925208, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020” siendo la Ingeniera Ph.D. Mercy 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

Carla Yessenia Rojas Benavides

C.C. 1725925208

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 **ROJAS BENAVIDES CARLA YESSENIA**, identificada con número de ciudadanía **1725925208**, de estado civil Soltera y con domicilio en Machachi, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiantes 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 carrera: Septiembre 2015 - Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación de Consejo Directivo: 07 de Julio del 2020

Tutor: Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte alta 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:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) 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 las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la

Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

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

Carla Yessenia Rojas Benavides

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”, de Rojas Benavides Carla Yessenia, de la carrera de Ingeniería Ambiental, 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 observación y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020.

Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa
TUTORA DEL PROYECTO
C.C. 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: Rojas Benavides Carla Yessenia, con el Título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE ALTA 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.

Ing. Dr. Carlos Mantilla Parra.
LECTOR 1 (PRESIDENTE)
C.C. 0501553291

Ing. MS.c. Vladimir Ortiz Bustamante
LECTOR 2
C.C. 0502188451

Ing. MS.c. Kalina Fonseca Largo
LECTOR 3
C.C. 1723534457

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, por darme la fortaleza para seguir adelante cumpliendo una de las metas más importantes, a mi familia por estar siempre a mi lado impulsándome a nunca darme por vencida y a mis docentes por todo el conocimiento y la disposición del tiempo brindado para la elaboración de este trabajo.

CARLA YESENNIA ROJAS BENAVIDES

DEDICATORIA

A mi Madre Doris Benavides, por todo su amor, por su tenacidad, fortaleza, por su entrega a sus hijos y por su ejemplo de superación.

A mis hermanos en especial a Alisson, que a pesar de todo siempre ha estado a mi lado apoyándome.

A Pedro Merchan y Martha de Merchan por su incondicional apoyo y confianza en mí.

Y a mis queridas amigas Malu y María, por estar ahí y ser siempre fuentes de motivación.

CARLA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

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

Autor: Carla Yessenia Rojas Benavides

RESUMEN

La contaminación de los ríos es un problema muy común en la actualidad, siendo necesario herramientas que permitan determinar el grado de contaminación de un río. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de agua en la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi mediante los métodos Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) y National Sanitization Foundation (NSF). Así, como la aplicación del análisis de varianza a través del diseño completamente al azar y pruebas de comparación de medias (Tukey). También se realizó el análisis de tendencia de la calidad de agua mediante el test no paramétrico de Spearman's Rho para un periodo mensual comprendido entre 2010 al 2011. Se establecieron 7 puntos de evaluación distribuidos a lo largo de la parte alta de la microcuenca. Los resultados permitieron identificar que los parámetros DBO₅ (24.47 mg/l), Oxígeno disuelto (19.9 %) y Coliformes fecales (1507.93 NMP) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A. Según los métodos ICA-CCME e ICA-NSF el punto con mejor calidad de agua se encuentra ubicado en el río Cutuchi, Quebrada San Rafael sector San Ramón para el periodo 2010 al 2011, determinando una calidad de media a buena. El análisis de tendencia permitió identificar en el río Cutuchi, sector Ex-Navisco como un punto que presento una mejora en la calidad de agua que va de mala a media con un ($p < 0.01$).

PALABRAS CLAVE: agua, análisis, calidad, ICAS, microcuenca, tendencias.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

THEME: EVALUATION OF WATER RESOURCE POLLUTION TRENDS AT THE HIGH PLACE OF THE CUTUCHI RIVER MICRO-WATERSHED, IN THE PROVINCE COTOPAXI, PERIOD 2019-2020.

Author: Rojas Benavides Carla Yessenia

ABSTRACT

The pollution of rivers is a very common problem nowadays, being necessary tools that allow to determine the degree of pollution in a river. This research aims to evaluate the water quality in the high part of the Cutuchi River micro-watershed using the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) and National Sanitization Foundation (NSF) methods. Thus, such as the application of the variance analysis through the completely randomized design and means comparison tests (Tukey). The analysis of water quality trends was also carried out using the Spearman`s Rho non-parametric test for a monthly period from 2010 to 2011. Seven evaluation points were established, distributed along the upper part of the micro-watershed. The results allowed identifying that the parameters BOD5 (24.47 mg/l), dissolved oxygen (19.9%) and fecal coliforms (1507.93 NMP) are out of the maximum permissible limits established in the TULSMA. According to the ICA-CCME and ICA-NSF methods, the point with the best water quality is located in the Cutuchi river, Quebrada San Rafael, San Ramón sector, for the period 2010 to 2011, determining a medium to good quality. The trend analysis identified the Cutuchi River, Ex-Navisco sector, as a point that presented an improvement in water quality ranging from bad to medium ($p < 0.01$).

KEY WORDS: water, analysis, quality, ICAS, micro-basin, trends

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORIA.....	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	3
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	4
5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
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	7
8.1 Cuenca hidrográfica	7
8.2 Subcuenca	8
8.3 Microcuenca.....	8
8.4 Agua	8
8.5 Agua dulce.....	8
8.6 Calidad del agua	8
8.7 Contaminación del agua	9
8.7.1 Fuentes de contaminación.....	9
8.8 Criterios de calidad de agua.....	10
8.8.1 Parámetros físicos y químicos del agua	10
8.8.2 Parámetros microbiológicos del agua.....	12
8.9 Índices de calidad del agua	12
8.9.1 Índice de calidad National Sanitation Foundation (NSF).	12
8.9.2 Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio (CCME).....	13

8.10	Río Cutuchi	13
8.11	Medidas de resumen	13
8.11.1	Medidas de Centralización	13
8.11.2	Medidas de dispersión	14
8.11.3	Medidas de Forma	15
8.12	Análisis estadístico	15
8.12.1	Diseño completamente al Azar	15
8.12.2	Análisis de Varianza (ANOVA)	16
8.12.3	Pruebas de comparaciones múltiples	16
8.13	Análisis de tendencia	16
8.14	Pruebas de tendencia	16
8.14.1	Prueba RHO de Spearman.....	17
8.15	Programas informáticos.....	17
8.15.1	Arcgis.....	17
8.15.2	InfoStat.....	17
8.15.3	Trend	17
8.15.4	Calculation NSF Water Research Center	17
8.16	MARCO LEGAL.....	18
8.16.1	Constitución del Ecuador	18
8.16.2	Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA).. 18	
8.16.3	Código orgánico ambiental (COA, 2018).....	20
8.16.4	Ley orgánica de recursos hídricos (Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014).	20
9	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	22
10	METODOLOGÍAS/ DISEÑO NO EXPERIMENTAL.....	22
11	Análisis y discusión de los resultados	33
11.1	Análisis exploratorio de datos.....	33
11.1.1	pH.....	33
11.1.2	Temperatura	34
11.1.3	Turbidez	34
11.1.4	Sólidos totales disueltos.....	35
11.1.5	NO ₃	35
11.1.6	DBO ₅	35
11.1.7	Oxígeno disuelto	36
11.1.8	Coliformes fecales.....	36

11.1.9	Fosfatos totales.....	36
11.2	Gráficos de distribución	38
11.3	Completación de datos.	38
11.4	Índices de calidad de agua	39
11.5	Análisis estadístico	43
11.5.1	ANOVA	43
11.6	Análisis de tendencia	45
12	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	48
12.1	Impactos sociales	48
12.2	Impactos ambientales.....	48
12.3	Impactos económicos	48
13	PRESUPUESTO	49
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
15	REFERENCIAS.....	51
16	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficiarios de la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi.....	4
Tabla 2.	Actividades de los objetivos planteados.	6
Tabla 3.	Ubicación de los puntos de muestreo de la calidad de agua en la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi.	25
Tabla 4.	Pesos establecidos para los parámetros del ICA-NSF.	29
Tabla 5.	Escala de interpretación del índice de calidad de agua NSF (basada en el programa Water Research Center).	29
Tabla 6.	Escala de interpretación del índice de calidad de agua CCME	31
Tabla 7.	Resumen de medidas de parámetros de calidad de agua de la parte alta del río Cutuchi.....	37
Tabla 8.	Calidad de agua anual por los métodos NSF y CCME.....	39
Tabla 9.	Calidad de agua mensual por el método ICA-NSF.....	40
Tabla 10.	Calidad de agua mensual por el método ICA-CCME.....	41
Tabla 11.	Análisis de varianza ICA-NSF.	43
Tabla 12.	Análisis de varianza ICA-CCME.	44
Tabla 13.	Análisis de tendencia según el método de Spearman`s Rho.....	45
Tabla 14.	Presupuesto para la elaboración del proyecto.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi, parte alta y sus poblados.....	23
Figura 2. Parte alta de la microcuenca del río Cutuchi y ubicación de los puntos evaluados.	24
Figura 3. Calidad de los puntos evaluados ICA-NSF.....	42
Figura 4. Calidad de los puntos evaluados ICA-CCME.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas de función del ICA-NSF.....	28
Gráfico 2. Histogramas de los parámetros seleccionados.....	38
Gráfico 3. Representación de Análisis de varianza ICA-NSF.....	44
Gráfico 4. Incremento de la calidad de agua en el punto 3, sector San Rafael por el método ICA-NSF ($p < 0,01$).	45
Gráfico 5. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, sector Ex-Nabisco por el método ICA-NSF e ICA-CCME ($p < 0,01$).	46
Gráfico 6. Incremento de la calidad de agua en el punto 6, en la quebrada San Rafael sector San Ramón por el método ICA-NSF ($p < 0,01$).	47
Gráfico 7. Incremento y disminución de la calidad de agua en el punto 7 en el río Tambuyacu sector Hacienda San Patricio, por el método ICA-NSF e ICA-CCME ($p < 0,01$).	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Criterios de calidad de agua, tabla 1.	58
Anexo 2. Criterios de calidad de agua, tabla 2.	59
Anexo 3. Criterios de calidad de agua, tabla 3.	60
Anexo 4. ANOVA. Prueba de Tukey ICA NSF.	61
Anexo 5. ANOVA. Prueba de Tukey ICA CCME.	62
Anexo 6. ANOVA. Gráfico de la prueba de Tukey ICA CCME.	62
Anexo 7. Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA CCME.	62
Anexo 8. Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA NSF y CCME.	63
Anexo 9. Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA CCME.	63

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

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

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, microcuenca de la parte alta del río Cutuchi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

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

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: PhD. Mercy Ilbay

Estudiante: Srta. Carla Rojas

LECTOR 1: Dr. Carlos Mantilla.

LECTOR 2: MS.c. Vladimir Ortiz.

LECTOR 3: MS.c. Kalina Fonseca.

Área de Conocimiento:

Área: Servicio

Subárea: Protección del medio ambiente.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

2 RESUMEN DEL PROYECTO

La contaminación de los ríos es un problema muy común en la actualidad, siendo necesario herramientas que permitan determinar el grado de contaminación de un río. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de agua en la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi mediante los métodos Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) y National Sanitization Foundation (NSF). Así, como la aplicación del análisis de varianza a través del diseño completamente al azar y pruebas de comparación de medias (Tukey). También se realizó el análisis de tendencia de la calidad de agua mediante el test no paramétrico de Spearman's Rho para un periodo mensual comprendido entre 2010 al 2011. Se establecieron 7 puntos de evaluación distribuidos a lo largo de la parte alta de la microcuenca. Los resultados permitieron identificar que los parámetros DBO_5 (24.47 mg/l), Oxígeno disuelto (19.9 %) y Coliformes fecales (1507.93 NMP) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A. Según los métodos ICA-CCME e ICA-NSF el punto con mejor calidad de agua se encuentra ubicado en el río Cutuchi, Quebrada San Rafael sector San Ramón para el periodo 2010 al 2011, determinando una calidad de media a buena. El análisis de tendencia permitió identificar en el río Cutuchi, sector Ex – Navisco como un punto que presento una mejora en la calidad de agua que va de mala a media con un ($p < 0.01$).

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Según estudios realizados por la Secretaría Nacional del Agua SENAGUA (2012), y el Ministerio del Ambiente (2013). El Cutuchi es un río altamente contaminado debido a los altos niveles de contaminación colocándolo entre uno de los cuatro ríos más contaminados del Ecuador, por este motivo se realizó el presente proyecto ya que hasta la actualidad no ha existido una investigación en la cual se realice una evaluación de las tendencias de la contaminación. Una vez iniciada la investigación se revisó fuentes bibliográficas en torno al tema planteado, y a su vez se cotejó con expertos que aportaron con sus experiencias para estructurar el trabajo investigativo, así como los acercamientos con las diversas instituciones gubernamentales encargadas de velar que las microcuencas no sean un foco de contaminación que directamente afectan a la vida de los individuos, por lo que es factible realizar este trabajo. Resulto de mucho interés, el desarrollo de la investigación ya que la comunidad que se encuentra afectada necesita contar con herramientas que ayuden a evaluar la cantidad de contaminación en el río Cutuchi.

Los beneficiarios directos son los moradores del sector de Lasso, siendo beneficiarios indirectos todos los moradores de la provincia de Latacunga y la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que pueden utilizar la información adquirida. La utilidad teórica está determinada por una recopilación de información que fue 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, está 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 DE INVESTIGACIÓN

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

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS		
Moradores del cantón Latacunga		Comunidades de la cuenca baja	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Hombres:	82301	Hombres:	27880	Estudiantes de primer ciclo en adelante: 10500 Estudiantes 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 Izurieta y Campaña (2019), el Ecuador es uno de los países que trata de alcanzar un desarrollo sostenible en sus actividades diarias, por lo cual es muy importante tener la suficiente disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano. Sin embargo, la contaminación del agua de los ríos de Ecuador es un problema grave, debido al aumento demográfico, aguas residuales sin previo tratamiento que se arrojan a los ríos y a la mala gestión y planificación para el aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos del estado. A esto se suma la falta de cumplimiento de las normas y la aplicación de las sanciones rigurosas a los causantes de la contaminación en el Ecuador. Los medios de comunicación del país día a día exponen los perjuicios que ocasionan la contaminación de los ríos llegando incluso acabar con la vida acuática.

La mayoría de las provincias del país se encuentran afectadas y preocupadas por la situación, tratan de evitar que no se sigan contaminando las aguas de sus ríos y algunas de ellas se encuentran en planes de recuperación. Nuestra provincia abrigada por el glorioso Cotopaxi, innumerables ríos, lagunas, manantiales que en tiempos pasados dejaban correr aguas limpias y cristalinas por sus cauces que ayudaban a pasmar el paisaje que estos ríos presentaban. Según Galárraga (2000), en las últimas décadas los ríos se han contaminado debido al crecimiento poblacional de las ciudades y cantones de la provincia, debido principalmente a la falta de

tratamiento de las aguas residuales, mal manejo de los residuos sólidos y vertidos directos de industrias como del sector agrícola. Según el Comercio La Hora (2019), en la provincia de Cotopaxi solo el 15% de las industrias tratan sus residuos mientras que el 85% derivan sus descargas directamente al río. Producto de esta problemática, el río Cutuchi en el sector de Lasso ha venido sufriendo un deterioro ambiental a gran escala. Además, hay que tomar en cuenta que este sector está considerado como parque industrial por el número de industrias y grandes plantaciones de brócoli y florícolas, todas estas actividades dejan como resultado que la contaminación en este punto vaya de media a alta. Sin embargo, en esta zona no se ha realizado una evaluación tendencial de la contaminación del agua como una herramienta de gestión de recursos hídricos.

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

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

6.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información de muestreos 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 ICAS NSF Y CCME para los parámetros: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, 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 de los objetivos planteados.

Objetivo General: Evaluar las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.			
Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Objetivo 1: Recolectar información de muestreos mensuales y anuales de entidades públicas y privadas mediante la utilización de plantillas, para sistematizar una base sólida de datos.	-Identificación de los puntos de estudio. -Recolección de información de Fundación Natura, INAMHI/SENAGUA. -Completación y corrección de datos.	Georreferenciación de los puntos. -Base sólida de datos -Medidas de resumen.	Técnica bibliográfica -Se recolecto datos de las instituciones mencionadas para los diferentes parámetros, georreferenciándolos por medio del programa arcgis. -Se realizó las medidas de resumen; moda, media, mediana, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, para la completación y corrección de datos.
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.	-Aplicación de los ICAS NSF Y CCME para la obtención de la calidad de agua mensual y anual. -Designación con los rangos de calidad establecidos para cada uno de métodos.	-Calidad de agua de la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi por cada método establecido.	Técnica de análisis de datos -Se analizó los datos por medio de la aplicación de fórmulas, ponderaciones, tablas y graficas correspondiente a cada método. -Se comparó los resultados obtenidos con las tablas de rangos para cada método.

Objetivo 3: 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).	- Aplicación del análisis de varianza. -Elaboración de tablas resumen. -Desarrollo de graficas resultantes del análisis de tendencia.	-Resultado de significancias y no significancias del grado de contaminación. -Tablas. -Graficas.	Técnica de análisis de datos -Se realizó el análisis de varianza con los resultados anuales de los diferentes ICAS por medio de la prueba de Tukey. -Se elaboró tablas de resumen, las mismas que se las corrió en el programa Trend, arrojando datos de comparación con la prueba estadística no estacional de Spearman's Rho con los resultados mensuales de los diferentes ICAS. -Se implementó graficas resultantes del Spearman's Rho, que ayudan a comprobar la disminución y aumento de la contaminación del agua.
---	---	--	---

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por partes altas de montañas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar, puede ser un lago formando una cuenca denominada endorreica o al mar llamada cuenca exorreica (SEMARNAT, 2013).

8.2 Subcuenca

Una subcuenca hace referencia a territorios que drenan por recorridos de agua que desembocan en trayectorias principales de una cuenca; o sea la cuenca se subdivide en subcuencas que corresponden a los cursos de agua que terminan en el curso Principal (Piñedos, 2016). Subcuenca es toda superficie en la que su drenaje va a directamente al río principal de la cuenca cubriendo una área de cinco mil a 50 mil hectáreas (Avendaño, 2016).

8.3 Microcuenca

Una microcuenca es toda superficie en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; esto quiere decir que una subcuenca se encuentra dividida en varias microcuencas. Las microcuencas son territorios pequeños y a su vez son espacios donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas, hay microcuencas de 3 mil y 5 mil hectáreas, y si las condiciones de relieve lo permiten, existen microcuencas menores a 3 mil hectáreas (Avendaño, 2016).

8.4 Agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta se la encuentra en océanos, lagos, ríos, en el aire y 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).

8.5 Agua dulce

El agua dulce sustenta de manera fundamental el medio ambiente, la sociedad y la economía. Ecosistemas como los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos son indispensables para la vida en el planeta e imprescindibles para garantizar de forma directa un conjunto de beneficios y servicios como el agua potable, el agua para la alimentación y la industria. (ONU, 2017).

8.6 Calidad del agua

El agua es una necesidad vital que influye de forma directa en la salud. La calidad del agua de consumo humano se ha asociado con diversas enfermedades. Un gran número de enfermedades

infecciosas y parasitarias en el mundo, se debe a la falta de acceso adecuado a fuentes de agua y a condiciones de saneamiento, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 2,9 millones de personas mueren cada año por estas causas. Los menores de edad son el grupo de edad más afectado, ya que 90 % de las muertes ocurre en niños menores de cinco años, casi siempre residentes en países en desarrollo (Guzmán, Nava, & Días, 2015).

8.7 Contaminación del agua

Los agentes contaminantes de ríos, lagos y otros recursos naturales tienen su origen principal en las actividades antropogénicas y la vulnerabilidad del suelo para pequeñas y grandes áreas urbanas; no obstante, las zonas rurales no escapan de la actividad humana contaminante, pues las aguas servidas contienen excretas humanas y animales, residuos químicos e industriales de empresas privadas o estatales, contaminantes de minería o de la explotación del petróleo y residuos químicos de campos agrícolas que usan antibióticos, insecticidas y fertilizantes (Rickert, Chrus, & Schmoll, 2016).

8.7.1 Fuentes de contaminación

8.7.1.1 Fuentes naturales: Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012).

8.7.1.2 Fuentes artificiales: Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012).

8.7.1.3 Principales contaminantes: Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica: La industria (dependiendo del tipo de industria emitirá unos contaminantes u otros), los vertidos urbanos (que llevan fundamentalmente contaminantes orgánicos), la navegación (muy importante en la contaminación por hidrocarburos) y la agricultura y ganadería (que contaminan con pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas (Encinas, 2011).

8.8 Criterios de calidad de agua

8.8.1 Parámetros físicos y químicos del agua

Los parámetros físicos, son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbidez, color, sabor, olor, conductividad y resistividad (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014). Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación es más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea (Rodríguez, 2015).

8.8.1.1 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, ya que a elevada temperatura puede ocurrir la proliferación de microorganismos. Asimismo, puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que agua fría (García, 2015).

8.8.1.2 pH

El pH es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa (Vázquez & Rojas, 2016). El pH es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion hidronio solvatado (H_3O^+), pero a menudo (aunque algo imprecisa) el pH se expresa como la medida de la concentración de iones hidronio en una solución (Buck, 2002). Con el pH se puede determinar la concentración de hidrogeniones en una disolución, siendo un ion positivo de hidrogeno (Olarte, 2017).

8.8.1.3 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto se refiere al volumen de oxígeno que está contenido en el agua y es esencial para riachuelos y lagos saludables (Jouanneau, 2014). El oxígeno ingresa al agua mediante fotosíntesis de organismos acuáticos o por transferencia de oxígeno a través de la interface aire-agua. La cantidad disponible de oxígeno en el agua depende de otros factores físicos, como la presión atmosférica y la temperatura. En sistemas acuáticos donde haya una elevada temperatura habrá menor concentración de oxígeno disponible; por su parte, a mayor presión la disolución del gas aumentará (Fonseca, 2018).

8.8.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno por 5 días

La DBO se usa como medida del contenido de la materia orgánica biodegradable, se mide por la cantidad de oxígeno requerido para su oxidación en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales; materiales orgánicos carbónicos, nitrógeno oxidable y compuestos químicos reductores (Simona, Penrua, & Guastallia, 2011).

8.8.1.5 Fosfatos

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización, al tener al fosforo que es uno de los nutrientes fundamentales de los seres vivos, es indispensable saber la concentración de ellos en el agua, pues contenidos anormalmente altos en el líquido vital pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática (Ruiz, 2015).

8.8.1.6 Nitratos

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua subterránea 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. En áreas con agua pura, como ser las aguas subterráneas poco profundas y que no están afectadas por las actividades humanas, las concentraciones son usualmente de menos de 2 miligramos por litro (mg/l) de nitrato. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol o compost y pozos sépticos (Edmung & Brown, 2013).

8.8.1.7 Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspenso midiendo la claridad del agua, medirá cuantos solidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión en el agua, mientras más sucia más alta será la turbidez (Toro, 2001).

8.8.1.8 Sólidos totales disueltos

La cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) es uno de los principales indicadores de la calidad del agua. El TDS es el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l, g/m³ o ppm (mg/l). El hecho de que el agua tenga sales en disolución, hace que ésta sea conductiva a la electricidad. Así un agua con muchas sales, es muy conductiva y la medida de la conductividad nos permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua (Garcia, 2013).

Los sólidos afectan la calidad del agua de diferentes formas, aguas con alta concentración de sólidos disueltos, generalmente son de baja potabilidad y pueden inducir reacciones fisiológicas desfavorables en el ser humano (Estupiñan & Ávila, 2010).

8.8.2 Parámetros microbiológicos del agua

Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrarlos en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (Torres, 2018).

8.8.2.1 Coliformes Totales y Fecales

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Rodríguez, Tremblay, Toledo, Gonzalez, & Ryu, 2012).

8.9 Índices de calidad del agua

Los índices NSF y CCME comparten algo en común, su adaptabilidad ya que han servido como modelos para diversos índices oficiales en el mundo, así como también han sido utilizados como marco de referencia por los investigadores al momento de desarrollar o validar nuevos índices (Abbasi & Abbasi, 2012)

8.9.1 Índice de calidad National Sanitation Foundation (NSF).

Se desarrolló un método de índice de calidad del agua habitual pagando un gran rigor en la selección de parámetros, desarrollando una escala común y asignando pesos. El intento fue apoyado por la National Sanitation Foundation (NSF) y, por lo tanto, como NSFQI para calcular el WQI de varios cuerpos de agua contaminados críticamente. El método propuesto para comparar la calidad del agua de varias fuentes de agua se basa en nueve parámetros de calidad del agua, tales como temperatura, pH, turbidez, coliformes fecales, oxígeno disuelto,

demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos totales, nitratos y sólidos totales. Los datos de calidad del agua se registran y transfieren a un gráfico de curva de ponderación, donde se obtiene un valor numérico de Qi (Brown , McClelland , Deininger, & Tozer , 1970).

8.9.2 Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio (CCME).

El índice de calidad del agua CCME (CCME WQI) proporciona un medio conveniente para resumir la calidad compleja del agua, datos y facilitando su comunicación a una audiencia general. El Índice incorpora tres elementos: alcance: el número de parámetros que no cumplen con las pautas de calidad del agua; frecuencia: la cantidad de veces que estas pautas no son reunió; y amplitud: la cantidad por la cual no se cumplen las pautas (Balmaseda & García, 2014). El índice produce un número entre 0 (peor calidad del agua) y 100 (mejor calidad del agua). Estos números se dividen en cinco categorías descriptivas para simplificar la presentación (CCME, 2017).

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).

8.11 Medidas de resumen

8.11.1 Medidas de Centralización

8.11.1.1 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, resume en un valor las características de una variable teniendo en cuenta todos los casos. Solamente puede utilizarse con variables cuantitativas. En la media aritmética simple cada una de los datos como un punto media o marca de clase (Calderon, 2012).

8.11.1.2 Mediana

La mediana muestral de una variable X es el valor de la variable que está en el medio de la muestra ordenada. La mediana divide la distribución de la muestra en dos partes iguales, es decir, hay el mismo número de valores por debajo y por encima de la mediana. Por tanto, tiene frecuencias acumuladas (Sánchez, 2020).

8.11.1.3 Moda

La moda es el valor más frecuente de la variable estadística. La moda, como la media, representa un valor central de la distribución de datos y su determinación visual la podemos obtener a partir de la tabla de frecuencias o de su gráfico, en el caso de ser de columnas corresponde con la columna más alta (Aguilar, 2014).

8.11.2 Medidas de dispersión

8.11.2.1 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, pero su interés es más reducido en la inferencia tradicional en poblaciones finitas (Ruíz, 2017).

8.11.2.2 Varianza

Cuantifica la dispersión de los datos con respecto a la media. Se obtiene como la media de las desviaciones cuadráticas de cada dato con respecto a la media (Salinas, 2010). La varianza es la media aritmética de las desviaciones cuadráticas con relación a la media aritmética general (Salazar & Castillo, 2018).

8.11.2.3 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación permite comparar las dispersiones de dos distribuciones distintas, siempre que sus medias sean positivas. Se calcula para cada una de las distribuciones y los valores que se obtienen se comparan entre sí. La mayor dispersión corresponderá al valor del coeficiente de variación mayor (Gorgas, Cardiel, & Zamorano, 2011). El coeficiente de variación de Pearson, ha resultado ser una medida de dispersión de amplia utilización, cuando se pretende comparar la dispersión entre varias poblaciones, de una o diferentes variables medidas en la misma o diferentes escalas (Vásquez & Núñez, 2011).

8.11.2.4 Rango

El rango, también conocido como recorrido es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de un conjunto de datos (Singaku S.L., 2020). Si el rango es grande existe la posibilidad de que los datos estén alejados unos de otros, y por tanto, que los valores centrales no sean muy representativos. Por otro lado, si el rango es pequeño, los datos no pueden encontrarse muy distanciados y los valores centrales pueden ser representativos del conjunto (Morales, 2012).

8.11.3 Medidas de Forma

8.11.3.1 Simétrica

Una distribución de frecuencias X es simétrica cuando son iguales las frecuencias correspondientes a valores equidistantes de un valor central considerado como eje (Universidad de Salamanca, 2011).

8.11.3.2 Asimétrica

- Asimetría por la derecha o positiva Una distribución de frecuencias es asimétrica por la derecha o presenta asimetría positiva cuando las frecuencias descienden más lentamente por la derecha (Universidad de Salamanca, 2011).
- Asimetría por la izquierda o negativa Una distribución de frecuencias es asimétrica por la izquierda o presenta asimetría negativa cuando las frecuencias descienden más lentamente por la izquierda (Universidad de Salamanca, 2011).

8.12 Análisis estadístico

El análisis estadístico es el análisis que emplea técnicas estadísticas para interpretar datos, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar los condicionantes que determinan la ocurrencia de algún fenómeno (e8Dsoluciones, 2012). 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 completamente al Azar

Diseño completamente aleatorizado, se utiliza en investigaciones cuando las condiciones donde se desarrolla el experimento, así como el material a usar es lo más homogéneo posible (Taípe, 2015). Es el diseño más simple y sencillo de realizar, en el cual los tratamientos se asignan al azar entre las unidades experimentales (UE) o viceversa. Este diseño tiene amplia aplicación

cuando las unidades experimentales son muy homogéneas, es decir, la mayoría de factores actúan por igual entre las unidades experimentales (Cochran & Cox, 1965).

8.12.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

ANOVA de un factor (también llamada ANOVA unifactorial o one-way ANOVA en inglés) es una técnica estadística que señala si dos variables (una independiente y otra dependiente) están relacionadas en base a si las medias de la variable dependiente son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente. Es decir, señala si las medias entre dos o más grupos son similares o diferentes (Cardenas, 2015).

8.12.3 Pruebas de comparaciones múltiples

Una vez que existen diferentes técnicas y estadísticamente significativas entre algunas medidas mediante el análisis de la varianza, en el modelo de efectos fijos, hay que determinar entre qué medidas existen diferencias estadísticamente significativas, para ello se utilizan pruebas denominadas de comparación múltiple. Hay muchas pruebas que permiten realizar las comparaciones, la prueba a utilizar debe estar determinada antes de estudiar los datos y realizar una sola, es incorrecto realizar varias para ver si un resultado interesa más que otro, existen múltiples pruebas las más utilizadas son: LDS, Dunnet, Duncan, Tukey, Newman-Keuls y Scheffé. (Álvarez, 2007).

8.12.3.1 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).

8.13 Análisis de tendencia

La tendencia es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período (Pedroza, 2014). El análisis de tendencia de la serie hidrológica es de importancia práctica debido a los efectos del cambio climático global. Algunos procedimientos estadísticos se utilizan para la detección de las tendencias graduales en el tiempo (Gómez, 2011).

8.14 Pruebas de tendencia

El propósito de las pruebas de tendencia es determinar si los valores de una variable aleatoria incrementan o disminuyen respecto a un cierto período de tiempo en términos estadísticos.

Se pueden utilizar pruebas paramétricas o pruebas estadísticas no paramétricas algunas pruebas estadísticas no paramétricas son T de Sen, Mann-Kendall, Kendall estacional y Rho de Spearman (Gómez, 2011).

8.14.1 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, 2011).

8.15 Programas informáticos

8.15.1 Arcgis

ArcGIS es un “software” de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Enviromental 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 (Puertas, Rengifo, & Bravo, 2011).

8.15.2 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).

8.15.3 Trend

TREND está diseñado para facilitar las pruebas estadísticas de tendencia, cambio y aleatoriedad en datos hidrológicos y otras series de tiempo. TREND tiene 12 pruebas estadísticas, basadas en el Taller de expertos de la OMM / UNESCO sobre detección de tendencias, cambios y en el CRC para la publicación de hidrología de captación (eWater Toolkit, 2018).

8.15.4 Calculation NSF Water Research Center

Se eligieron nueve factores y algunos se consideraron más importantes que otros, por lo que se utiliza una media ponderada para combinar los valores. Se les pidió a 142 encuestados que graficaran el nivel de calidad del agua (0 a 100) correspondiente a mediciones de campo

graficando las curvas se promediadas. La calculadora permite ingresar la latitud y longitud completando el cálculo individual y grupal que permite generar un informe personalizado (Oram, 2014).

8.16 MARCO LEGAL

8.16.1 Constitución 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 de República del Ecuador, 2011).

- **Art. 3, numeral 7**, establece como un deber primordial del Estado el “Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.
- **Art. 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”.
- **Art. 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”.
- **Art. 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”.
- **Art. 66**, numeral 27 establece: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”.

8.16.2 Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA).

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 miércoles 4 de noviembre de 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

- 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.
- 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.
- 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.

8.16.3 Código orgánico ambiental (COA, 2018).

- **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.
- **Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. Literal 8.** Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido.

8.16.4 Ley orgánica de recursos hídricos (Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014).

- **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: literal 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 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.
 - 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.

9 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Es posible realizar el análisis de tendencia de la calidad del agua del río Cutuchi mediante la aplicación de una prueba estadística no paramétrica como el test de Spearman's Rho?

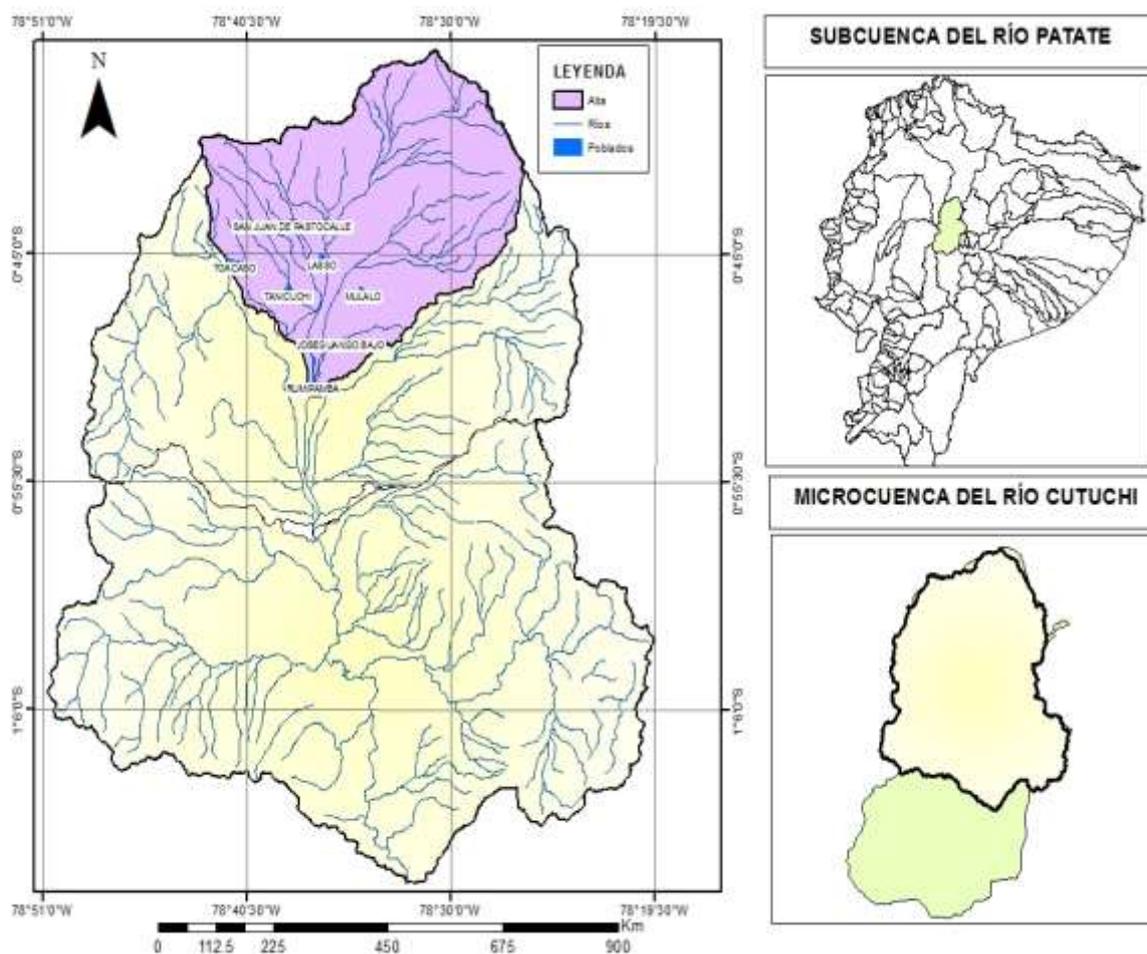
10 METODOLOGÍAS/ DISEÑO NO EXPERIMENTAL

8.1 Área de estudio

El río Cutuchi nace de los deshielos del volcán Cotopaxi fluyendo de norte a sur. Constituyendo una fuente principal de la subcuenca alta del río Patate y siendo parte de la cuenca del río Pastaza. La parte alta de la microcuenca del río Cutuchi (PAMRC) se ubica a (78°36'46'' O y 0°39'28''S), en las parroquias de San Juan de Pastocalle, Lasso, Tanicuchi, Mulaló y José Guango bajo. Cuenta con un clima templado que oscila entre 5°C y 22°C, tiene un área de 53061.78 ha y tiene una altitud que va desde los 5897 a 2400m.s.n.m. Bustamante (2012). La economía del lugar principalmente se basa en mayor parte por la agricultura e industrias y en una menor proporción por ganadería, debido a esto el agua cuenta con un alto grado de contaminación ya que esta zona es considerada como un parque industrial por la cantidad de industrias y el mal manejo de los desechos, estos son arrojados directamente al río, Telégrafo (2015).

La contaminación de las aguas provoca problemas a la producción agropecuaria, especialmente cuando las hortalizas son irrigadas, que, según análisis de calidad anteriormente realizados, corresponden a la categoría de muy mala, influenciado por la utilización de pesticidas en los extensos cultivos de brócoli y florícolas existentes en el lugar, los cuales son arrastrados y depositados en el río PPRT (2014).

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



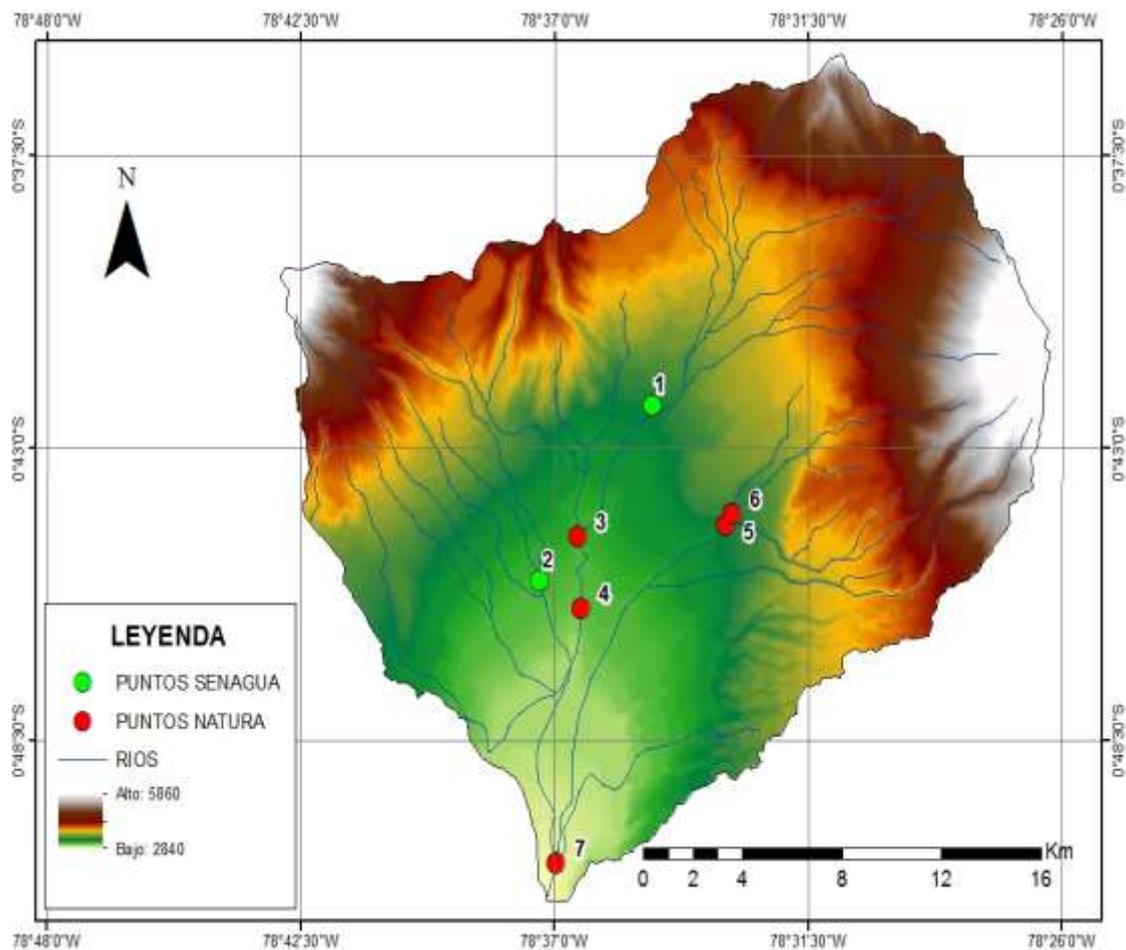
Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

8.2 Datos

Se recolectaron datos de Fundación Natura para el periodo 2010 a 2011 en 5 puntos estratégicos a lo largo de la PAMRC (ver figura 2). Los puntos de muestreo se ubicaron en los siguientes sectores; P3 sector de San Rafael, P4 sector Ex-Nabisco, P5 quebrada San Rafael sector San Ramón, P6 quebrada San Rafael sector San Ramón y P7 río Tambuyacu sector Hacienda San Patricio, (ver tabla 1).

Las fechas de recolección corresponden a los meses de diciembre a mayo para la época lluviosa y de junio a noviembre para la época seca.

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



Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

También se trabajó con datos de la red de puntos de calidad de agua INAMHI y SENAGUA, punto de muestreo que se ubicaron en los sectores; el P1 en el río Cutuchi sector de Caspi y P2 en el río Blanco parte baja, (ver tabla 3). Para las fechas de recolección se tomaron en cuenta la época lluviosa como la seca.

Los parámetros seleccionados para el estudio fueron: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos (S.T.D), nitratos (NO_3), demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO_5), oxígeno disuelto, coliformes fecales y fosfatos totales, correspondientes a un periodo de 4 años (2008, 2010, 2011 y 2013).

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

Puntos	Ubicación	COORDENADAS		Altitud m.s.n.m	Periodo
		Long. (O)	Lat. (S)		
Punto 1	Río Cutuchi sector Caspí	78°34'53''W	0°42'11''S	3133	2013
Punto 2	Río blanco bajo	78°37'19''W	0°45'29''S	3000	2008
Punto 3	Río Cutuchi sector San Rafael	78°36'30''W	0°44'38''S	3001	2010-2011
Punto 4	Río Cutuchi sector Ex - Nabisco	78°36'26''W	0°45'59''S	2961	2010-2011
Punto 5	Río Cutuchi, Quebrada San Rafael/sector San Ramón	78°33'18''W	0°44'26''S	3120	2010-2011
Punto 6	Río Cutuchi, Quebrada San Rafael/sector San Ramón	78°33'09''W	0°44'13''S	3120	2010-2011
Punto 7	Río Tambuyacu sector Hacienda San Patricio	78°36'58''W	0°50'48''S	2864	2010-2011

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Long. = Longitud Lat. = Latitud m.s.n.m.= Metros sobre el nivel del mar

10.3 Análisis Exploratorio de Datos (AED)

Se realizó el AED con el objetivo de organizar, identificar tipos de datos, examinar y evaluar posibles errores en los datos; pH, temperatura, turbidez, S.T.D, NO₃, fosfatos, coliformes fecales, OD, DBO₅, antes de determinar la calidad del agua. Dentro 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, rango) y de medida (asimetría).

- **Media**

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

Dónde: x_i = son los datos

n = el número de datos

- **Mediana**

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

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.

Cr = Amplitud de los intervalos.

- **Moda (Mo)**

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

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

Cr = 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

- **Coefficiente 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

10.4.1 Índice de calidad de agua National Sanitation Foundation (NSF)

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes, puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo (Hernández, Nolasco, & Salguero, 2016).

En el diseño para la determinación del índice, interviene nueve parámetros físicos, químicos y biológicos como lo son: Coliformes Fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días, Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos totales, Oxígeno disuelto. En la actualidad el índice utiliza un promedio aritmético ponderado (Brown , Mcclelland , Deininger, & Tozer , 1970).

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

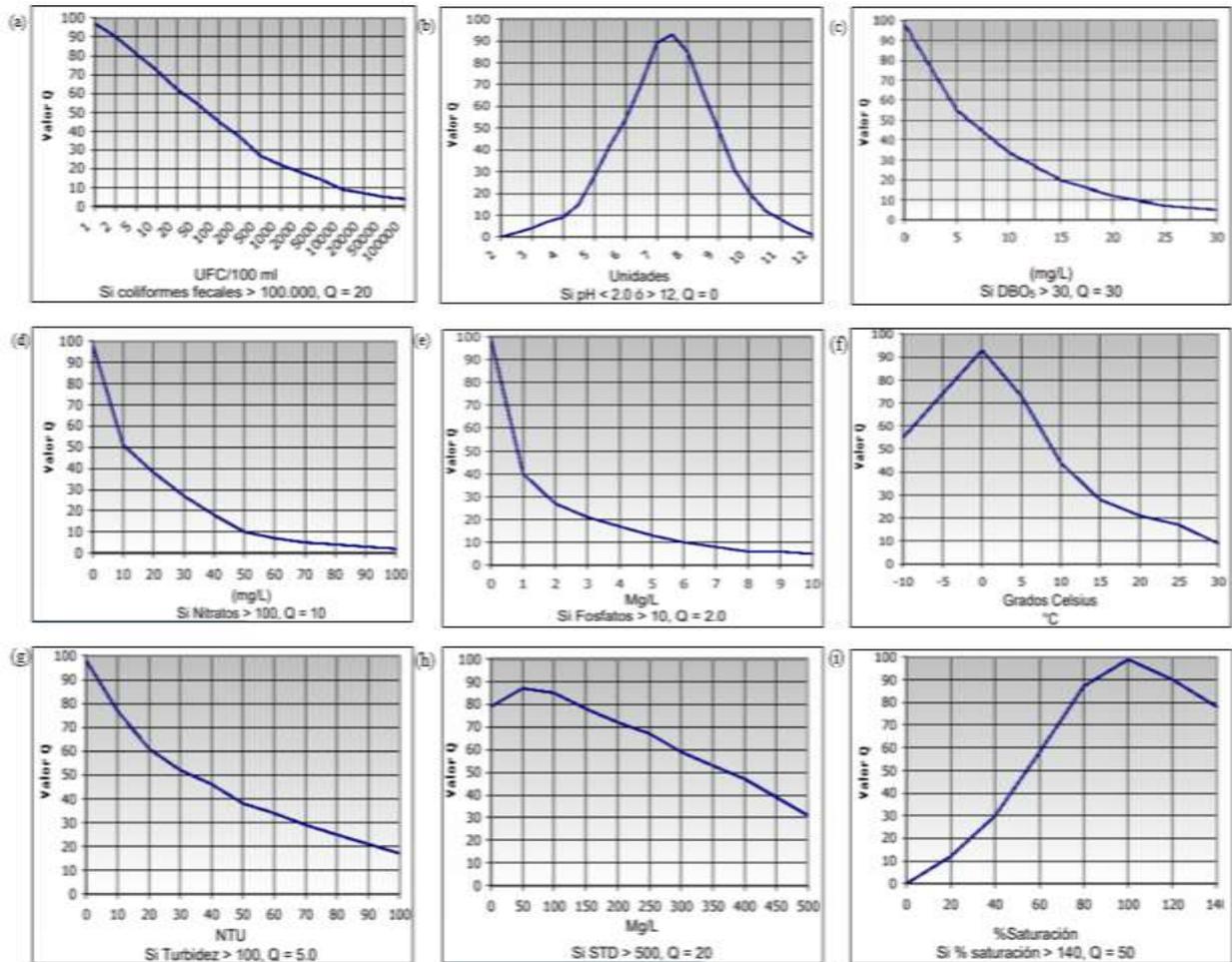
Dónde: ICA = índice de Calidad de Agua.

Sub_i = Subíndice del Parámetro i.

W_i = Factor de Ponderación para el Subíndice i.

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

Gráfico 1. Curvas de función del ICA-NSF.



Fuente: (Brown , Mcclelland , Deininger , & Tozer , 1970).

W_i , es la importancia del parámetro. Para ello se tomó la opinión de más de 100 expertos en materia de calidad del agua y se establecieron los siguientes valores.

Tabla 4. Pesos establecidos para los parámetros del ICA-NSF.

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

Fuente: (Brown , Mcclelland , Deininger, & Tozer , 1970).

10.4.2 Programa Water Research Center

La calculadora permite ingresar valores en medidas específicas de 9 diferentes parámetros también permiten ingresar datos del lugar evaluado como latitud y longitud completando el cálculo individual y grupal que permite generar un informe personalizado (Oram, 2014).

Tabla 5. Escala de interpretación del índice de calidad de agua NSF (basada en el programa Water Research Center).

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

Fuente: (Oram, 2014).

10.4.3 Índice de calidad de agua Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME).

El índice de calidad de agua desarrollado por el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente, tiene la ventaja de dejar a criterio del investigador la elección, debidamente fundamentada, de los parámetros que conformarán el índice. Se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud (Lavie, Morábito, & Salantino, 2014).

Se utilizan los siguientes factores según (Balmaseda & García, Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba, 2014):

El alcance (F1) define el porcentaje de parámetros que tienen valores fuera de los límites máximos permisibles según lo establecido en los reglamentos correspondientes según el uso del agua.

$$F1 = \frac{\text{Parámetros Fallidos}}{\text{Parámetros Totales}} * 100$$

La frecuencia (F2) porcentaje de muestras individuales que no cumplen con los límites máximos permisibles respecto al total de datos de los parámetros establecidos.

$$F2 = \frac{\text{Test Fallidos}}{\text{Test Totales}} * 100$$

La amplitud (F3) es la cantidad por la cual los valores de test fallidos no cumplen con los criterios de calidad según el límite máximo permisibles.

$$F3 = \frac{nse}{0.01nse + 0.01} * 100$$

Se utiliza si el valor del test fallido es superior que los rangos del criterio de calidad

$$\text{excursión} = \frac{\text{Valor Test Fallidos}}{\text{Criterio de calidad}} - 1$$

Se utiliza si el valor del test fallido está por debajo de los rangos del criterio de calidad

$$\text{excursión} = \frac{\text{Criterio de calidad}}{\text{Valor Test Fallidos}} - 1$$

Dónde: nse = es la suma normalizada de excursiones o excedencias y se calcula.

$$nse = \frac{\sum^n = 1 \text{ excursión}}{\#Test}$$

Cálculo de ICA-CCME

$$ICA \text{ CCME} = 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732}$$

El factor 1.732 se debe a que cada uno de los factores puede alcanzar el valor más alto de 100, lo cual significa que el vector puede alcanzar un valor máximo de 173,2.

$$\sqrt{(100^2 + 100^2 + 100^2)} = \sqrt{30000} = 173.2$$

Al dividir por el valor de 1,732, el vector disminuye a un valor máximo de 100.

Tabla 6. Escala de interpretación del índice de calidad de agua CCME

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

Fuente: (CCME, 2017).

10.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para la calidad del agua anual en los 5 puntos Diseño completamente al azar de muestreo establecidos por la Fundación Natura, y la prueba de medias por Tukey al 0.05.

10.5.1 Diseño completamente al azar

El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la varianza de los tratamientos y la varianza del error (Recio & Aliaga, 2020).

Para este caso se aplicaron dos repeticiones de los años 2010 y 2011, y cinco tratamientos que en este caso son los puntos de fundación Natura.

10.5.2 ANOVA

El análisis de varianza es un método estadístico para determinar si diversos conjuntos de muestras aleatorias de una determinada variable proceden de la misma población o de poblaciones distintas (Dagnino, 2014). Las medidas que se determinan tienen que basarse de mediciones sobre muestras independientes. Además, los datos deben responder a una distribución normal (Ramos, 2019). Si el ANOVA se utiliza para datos de un solo factor como en este caso, la primera fase es comprobar si existe significancia del factor o tratamiento en estudio. Si no existe significancia, no es necesario un análisis posterior. Si existe significancia de los tratamientos (niveles del factor) después de aplicar el ANOVA, se concluiría entonces que al menos uno de los promedios de la variable respuesta determinado para un tratamiento, es diferente de los obtenidos para los otros tratamientos (Vera, 2015).

Para identificar si los promedios son diferentes resulta inevitable realizar pruebas adicionales, para probar si, todos los promedios sean diferentes entre sí, o que haya dos grupos que se diferencian, o puede ser, que solamente uno se diferencie de los demás y así sucesivamente (Dagnino, 2014).

10.5.3 Pruebas de comparaciones múltiples

Existe una gran variedad de pruebas de comparaciones múltiples, como Dunnett, Duncan, Tukey, Newman-Keuls y Scheffé. Al aplicar todas estas pruebas no precisamente se obtiene el mismo resultado (Fallas, 2012). El resultado de esto es comprobar y entender que caso es más conveniente el aplicar cada una de ellas. En esta investigación se aplicó la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey es la más aplicada y preferida por los estadísticos, pues controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística (α y β) (Fallas, 2012). Esta prueba permite realizar todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, y por eso se considera la más completa (Reyes, 2014).

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

Dónde: w = es el comparador para los tratamientos

q = es un valor que se obtiene de la tabla de Tukey a dos niveles de significancia del 5% y del 1%.

CME = es el cuadrado medio del error

τ = es la repetición

10.6 Análisis de tendencia

La prueba de tendencia se realizó con las medianas mensuales para cada parámetro. Para ello se aplicó 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. La correlación de Rho determina la fuerza y la dirección de la relación monotónica entre sus dos variables en lugar de la fuerza y la dirección de la relación lineal entre sus dos variables, que es lo que determina la correlación de Pearson. En esta investigación se utilizó para averiguar si los parámetros de calidad del agua están correlacionados con el tiempo. La prueba se determina mediante la siguiente Ecuación.

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

Dónde: D = es la diferencia en rangos emparejados

N = número de casos. Todo este proceso se llevará a cabo en el software de trend.

11 Análisis y discusión de los resultados

11.1 Análisis exploratorio de datos

11.1.1 pH

Se determinó que el pH medio mensual para la parte alta del río Cutuchi (PAMRC) fue neutro 7.49, su mediana tiene un pH ligeramente ácido 7.8, al igual que la moda 7.79. Es decir, la distribución de los pH fue asimétrica con cola a la izquierda (Figura 1a). El pH presentó una baja dispersión de sus valores y un coeficiente de variación < 25 %. El rango de pH se encontró dentro de su escala según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 3 criterios de calidad de aguas para riego agrícola 6 a 9. Sin embargo, según Sela (2020) el pH adecuado para el agua para riego de hortalizas debe ser entre 5.5 a 6.5, muchos agricultores deben añadir un ácido al agua de riego, para bajar su pH. En este caso al estar en un rango de 7 a 8 el pH en el

agua resulta perjudicial para las plantas creando deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes.

11.1.2 Temperatura

Se determinó que la temperatura medio mensual para la PAMRC fue 7.98 °C, su mediana 8.9 °C, al igual que la moda 8.9 °C son valores similares. Es decir, la distribución de la temperatura fue ligeramente asimétrica (Figura 1b). La temperatura presenta una baja dispersión de sus valores y un coeficiente de variación < 25%. El rango de temperatura está dentro de su escala a temperatura ambiente en la provincia de Cotopaxi 5 a 22 °C. Por el contrario, GreenMedicine (2018) afirma que la temperatura del agua adecuada para la mayoría de cultivos debe ser entre 18-24° C, para que la planta pueda asimilar correctamente todos los nutrientes, la temperatura óptima serían los 23°C. Por el contrario, si el agua está a una temperatura de más de 30° C la presencia de oxígeno será mucho menor y la capacidad de la planta para alimentarse se verá reducida en gran parte por la ausencia de este elemento.

11.1.3 Turbidez

Se determinó que la turbidez medio mensual para la PAMRC fue 11.56 NTU, su mediana 4.01 NTU, al igual que la moda 4.01 NTU son bajos. Es decir, la distribución de la turbidez fue asimétrica con cola a la derecha (Figura 1c). La turbidez presenta una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación > 25%. El rango según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 1 criterio de calidad de agua para consumo humano y doméstico de 0 a 100NTU. Según Baños (2018) un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia dispersa en el agua. Y, consecuentemente, indica también una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua, a su vez Bragado (2017), asegura que el agua para riego con altos niveles de turbidez contiene mayor cantidad de partículas suspendidas y estas absorben calor por lo que estas aguas turbias se vuelven más calientes, reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua, también la alta turbidez favorece el crecimiento de ciertos microorganismos obstruyendo el paso de la luz y disminuyendo la actividad fotosintética en las plantas y algas, y al momento del riego sea por o aspersión puede producirse atracones en el sistema de irrigación.

11.1.4 Sólidos totales disueltos

Se determinó que los S.T.D. medio mensual para la PARC fue 366.71 mg/l, su mediana de 347mg/l y la moda de 347mg/l. Es decir, la distribución de los S.T.D. fue asimétrica con ligera cola a la derecha (Figura 1d). Los S.T.D presentan una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación $< 25\%$. El rango de S.T.D está dentro de su escala según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 3 parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego de 0 a 2000mg/l. Para Sela (2020) la concentración de S.D.T (sales) afecta en el rendimiento de los cultivos, el tamaño de las plantas y dañando progresivamente la calidad del suelo esto debido a contaminación natural, por el uso de fertilizantes químicos y las descargas directas de lixiviados a los ríos.

11.1.5 NO₃

Se determinó que NO₃ tiene un medio mensual para la PAMRC de 2.05 mg/l, su mediana de 1.25mg/l y una moda de 1.25mg/l. Es decir, la distribución de los NO₃ fue asimétrica con ligera cola a la derecha (Figura 1e). Los NO₃ presentan una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación $> 25\%$. El rango de NO₃ está dentro de su escala según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 2 criterios de calidad de agua para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces de 0 a 13 mg/l. Meléndez (2016), afirma que el nitrato en sí no es particularmente tóxico para los animales. Los nitratos consumidos por los rumiantes son normalmente transformados a amoníaco y luego absorbidos y excretados en forma de urea en la orina o convertidos por las bacterias del rumen en proteína microbiana. Sin embargo, la acumulación de nitritos, son la causa de intoxicaciones y para plantas el nitrógeno sirve como fertilizante son muy raras las ocasiones en donde existan daños por excesos de este elemento.

11.1.6 DBO₅

Se determinó que el DBO₅ medio mensual para la PARC fue 24.47mg/l, su mediana de 19 mg/l y la moda de igual manera 19 mg/l. Es decir, la distribución de los DBO₅ fue asimétrica con cola a la derecha (Figura 1f). El DBO₅ presenta una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación $> 25\%$. El rango de DBO₅ está fuera de su escala según él, ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 2 criterios de calidad de agua para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces de 0 a 20 mg/l. En la media mensual se encuentra sobre los límites permitidos por lo que CIMCOOL (2004), afirma que a mayor DBO₅ el oxígeno se agota más rápido significando que menos oxígeno está disponible para formas más complejas de vida acuática. Los organismos acuáticos se estresarán, sofocarán posteriormente morirán.

11.1.7 Oxígeno disuelto

Se determinó que el OD medio mensual para la PARC fue 19.9 %, su mediana de 21.85 % y una moda de 21.9 %. Es decir, la distribución del OD fue ligeramente asimétrica (Figura 1g). El OD presenta una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación $> 25\%$. El rango de OD está fuera de su escala según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 2 criterios de calidad de agua para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces de no menor al 80%. Estos datos tanto para fauna como para flora son malos según CIMCOOL (2004), cuando la cantidad de oxígeno disuelto desciende por debajo de los niveles normales en cuerpos de agua, se perjudica la calidad del agua y las criaturas comienzan a morir. En un proceso llamado eutrofización, un cuerpo de agua puede llegar a ser hypoxic y ya no serán capaces de apoyar a los organismos vivos, convirtiéndose esencialmente en una "zona muerta", este parámetro trabaja de la mano con temperatura, pH, turbidez, etc. Si estos parámetros son altos el OD disminuirá significativamente.

11.1.8 Coliformes fecales

Se determinó que las Coliformes fecales tienen un medio mensual para la PAMRC de 1507.93NMP, su mediana de 1800NMP y una moda de 1800NMP. Es decir, la distribución Coliformes fecales fue ligeramente asimétrica (Figura 1h). Las Coliformes fecales presentan una alta dispersión de sus valores y un coeficiente de variación $> 25\%$. El rango de Coliformes Fecales está fuera de su escala según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 3 criterio de calidad de agua para riego agrícola de 0 a 1000 NMP. Según Campos, Contreras, & Leiva (2015), el agua utilizada para riego suele provenir de fuentes superficiales, especialmente de ríos los cuales reciben aguas que han tenido un uso previo y presentan diferente tipo y concentración de contaminantes, la presencia de microorganismos patógenos en el agua es importante, pero el efecto final depende del tipo de población que se ve afectada, depende del tipo de riego que se utilice en las hortalizas dependerá la reproducción de las bacterias en este caso coliformes fecales, el riego por aspersión es el medio adecuado para una reproducción más rápida de las bacterias y dependiendo del tipo de cultivo ya que la mayoría de los organismos se encuentra en lo profundo de las brechas. Todo esto puede generar riesgo para la salud de los agricultores y los consumidores.

11.1.9 Fosfatos totales

Se determinó que Fosfatos totales tienen un medio mensual de 0.78 mg/l, su mediana de 0.66 mg/l, al igual que la moda 0.66 mg/l. Es decir, la distribución de fosfatos totales fue ligeramente asimétrica (Figura 1i). Los fosfatos totales presentan una alta dispersión de sus valores y un

coeficiente de variación > 25%. El rango de fosfatos está dentro de su escala según la FAO 0 a 2 mg/l. Los fosfatos al igual que los nitratos aportan a la reproducción de las plantas sin embargo según menciona DIGESA (2010) los niveles altos de este parámetro en el agua se encuentran en la materia orgánica de la basura, de los detergentes hechos a base de fosfatos que son arrastrados o arrojados a los ríos. Durante las épocas cálidas la sobrecarga de estos productos químicos, que sirven de nutrientes, generan el crecimiento acelerado de vegetales las cuales al morir y ser descompuestas por las bacterias aeróbicas provocan el agotamiento del oxígeno disuelto y causan la muerte de los diferentes tipos de organismos acuáticos que consumen oxígeno.

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

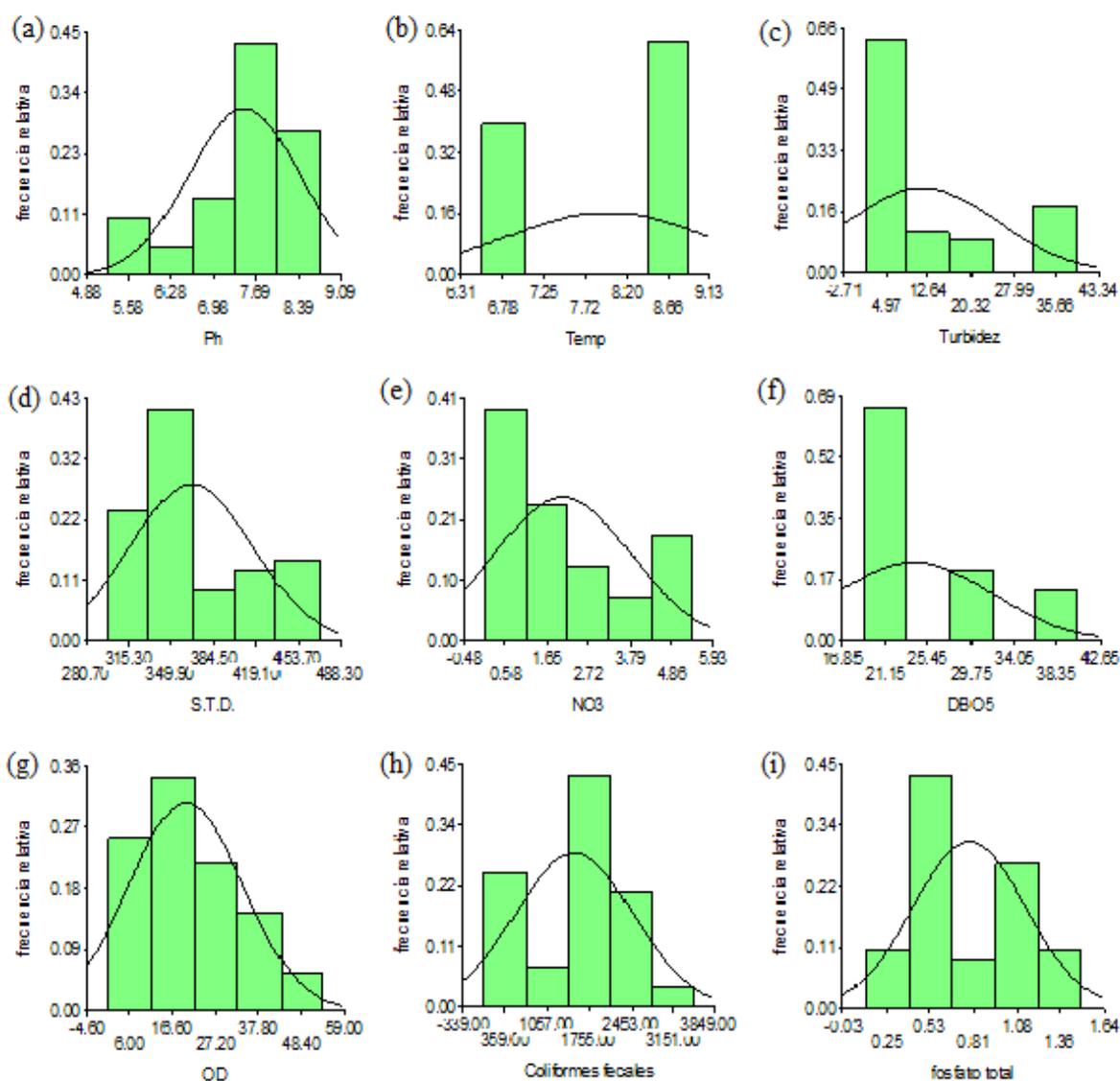
Medidas de resumen	PH	Temp (°C)	Turb (NTU)	S.T.D (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (% sat.)	C.F. (NMP)	Fosf.T (mg/l)
Media	7.49	7.98	11.15	366.71	2.05	24.47	19.9	1507.93	0.78
Mediana	7.8	8.9	4.01	347	1.25	19	21.85	1800	0.66
Moda	7.79	8.9	4.01	347	1.25	19	21.9	1800	0.66
Desv. Estandar.	0.89	1.66	13.33	48.78	1.72	8.17	13.62	953.41	0.35
Vari de la mues.	0.79	1.34	177.63	2379.04	2.72	66.78	185.53	908987.12	0.12
Coefic. de vari.	11.82	14.52	115.25	13.3	83.96	33.39	68.46	63.23	45.41
Rango	3.51	2.35	38.37	173	5.35	27	53	3490	1.39
Minimo	5.23	6.55	1.13	298	0.05	19	0.7	10	0.11
Máximo	8.74	8.9	39.5	471	115.02	46	53.7	3500	1.5
Suma	419.6	446.7	647.62	20536	115.02	1370.5	1114.15	84444	43.55
Cuenta	56	56	56	56	56	56	56	56	56

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Temp. = Temperatura. Turb. = Turbidez. S.T.D. = Sólidos totales disueltos. NO₃. = Nitratos. DBO₅. = Demanda bioquímica de oxígeno de 5 días. OD. = Oxígeno disuelto. C.F. = Coliformes fecales. Fost. T. = Fosfatos totales. Desv. Estandar. = Desviación estandar. Vari de la mues. = Varianza de la muestra. Coefic. de vari. = Coeficiente de variación % Sat. = porcentaje de saturación.

11.2 Gráficos de distribución

Gráfico 2. Histogramas de los parámetros seleccionados.



Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

11.3 Completación de datos.

La completación de datos faltantes o de valores atípicos se realizó mediante la mediana para distribuciones normales, esto se aplicó para pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, NO₃, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y Fosfatos totales.

11.4 Índices de calidad de agua

Tanto el índice NSF como el CCME, fueron empleados para determinar la calidad de agua mensual y anual, (ver tabla 8, 9 y 10).

Tabla 8.Calidad de agua anual por los métodos NSF y CCME

INDICES DE CALIDAD DE AGUA			
PUNTOS	AÑO	ICA-NSF	ICA-CCME
PUNTO 1	2013	42	70.27
PUNTO 2	2008	44	64.78
PUNTO 3	2010	37	54.6
	2011	43	67.09
PUNTO 4	2010	42	48.04
	2011	44	68.53
PUNTO 5	2010	43	44.99
	2011	43	45.07
PUNTO 6	2010	51	84.11
	2011	52	71.56
PUNTO 7	2010	41	57.62
	2011	43	63.95

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

El punto 1 río Cutuchi sector de Caspi en el año 2013 por el método NSF se determinó agua de calidad mala mientras que por el método CCME agua con una calidad regular, el punto 2 río Blanco parte baja por parte de los dos métodos se detectó una calidad mala o marginal según las escalas de cada uno de ellos. En el punto 3 sector de San Rafael para el periodo 2010 se determinó la misma calidad por los dos métodos de mala – marginal mientras que para el periodo 2011 si se evidencio un cambio de rango mientras que en el NSF la calidad es mala, para el CCME el agua tiene una calidad regular, el punto 4 sector Ex-Nabisco para el año 2010 arrojó agua de calidad mala – marginal por parte de los dos métodos mientras que para el año 2011 si se identificó diferencias de calidad, de mala por el método NSF a regular por el método CCME, en el punto 5 quebrada San Rafael sector San Ramón los dos métodos dieron como resultado una agua de calidad mala o marginal con valores que oscilan entre 25 a 49 por NSF y 45 a 64 por CCME. En el punto 6 quebrada San Rafael sector San Ramón según el método NSF para los periodos 2010 y 2011 el agua tuvo una calidad media sin cambio alguno mientras que para el método CCME si existieron cambios, en el periodo 2010 el agua arrojó una calidad

de buena pero para el 2011 hubo una disminución de la calidad a regular sin embargo a lo largo del río este es el punto con mejor calidad a comparación de los anteriores punto, y para el punto 7 río Tamboyacu sector Hacienda San Patricio se determinó por parte de los dos métodos agua de calidad mala – marginal sin ningún cambio para los dos periodos establecidos.

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

ICA NSF						
Año	Fecha	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7
2010	Sep-2010	36	46	50	52	40
	Oct-2010	37	49	42	51	41
	Nov-2010	39	40	35	51	45
	Dic-2010	37	42	42	43	38
2011	Ene-2011	39	46	42	47	37
	Feb-2011	39	47	42	47	42
	Mar-2011	43	47	42	53	42
	Abr-2011	41	44		53	39
	May-2011	44	48	42	53	43
	Jun-2011	45	49	36	53	47
	Jul-2011	42	49	44	52	44

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Debido a que en el punto 1 y punto 2 no se encontraron datos mensuales serán excluidos de este análisis.

Para este análisis se tomaron en consideración 11 meses para dos periodos (2010-2011), según el método NSF no se aprecian cambios notables en la calidad de agua. El punto 3, punto 4 y punto 7 presentan una calidad de agua mala variando mínimamente de valores pero manteniéndose en el mismo rango mientras que para el punto 5 se puede destacar en el 2010 mes de septiembre agua de calidad media y para los posteriores meses la calidad disminuyó un rango estableciéndose agua de calidad mala y para el mes de abril no se cuenta con datos para realizar el análisis, el punto 6 a comparación de los anteriores puntos de estudios cuenta con agua de media calidad y se aprecia una disminución de calidad mala para los meses de diciembre, enero y febrero.

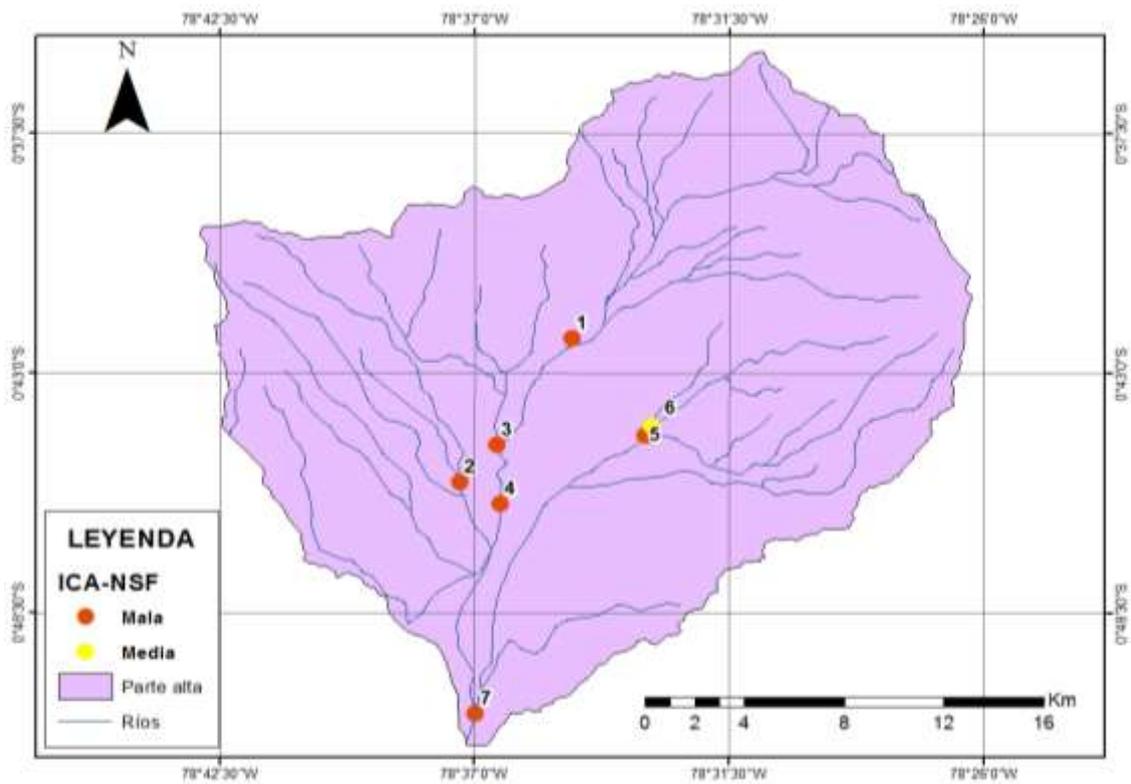
Tabla 10. Calidad de agua mensual por el método ICA-CCME.

ICA CCME						
Año	Fecha	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7
2010	Sep-2010	70.15	68.69	78.94	86.91	75.76
	Oct-2010	63.64	76.28	70.79	86.24	77.64
	Nov-2010	81.84	45.86	38.6	77.54	75.74
	Dic-2010	46.09	46.05	66.7	81.83	81.07
2011	Ene-2011	84.08	76.25	66.7	72.56	65.64
	Feb-2011	78.27	75.88	67.2	80.95	77.14
	Mar-2011	74.42	76.69	44	88.99	67.74
	Abr-2011	52.84	50.91		55.54	49.05
	May-2011	79.86	78.29	39.95	86.17	68.58
	Jun-2011	79.64	77.26	57.55	87.2	70.96
	Jul-2011	73.57	76.24	74.05	77.97	70.2

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

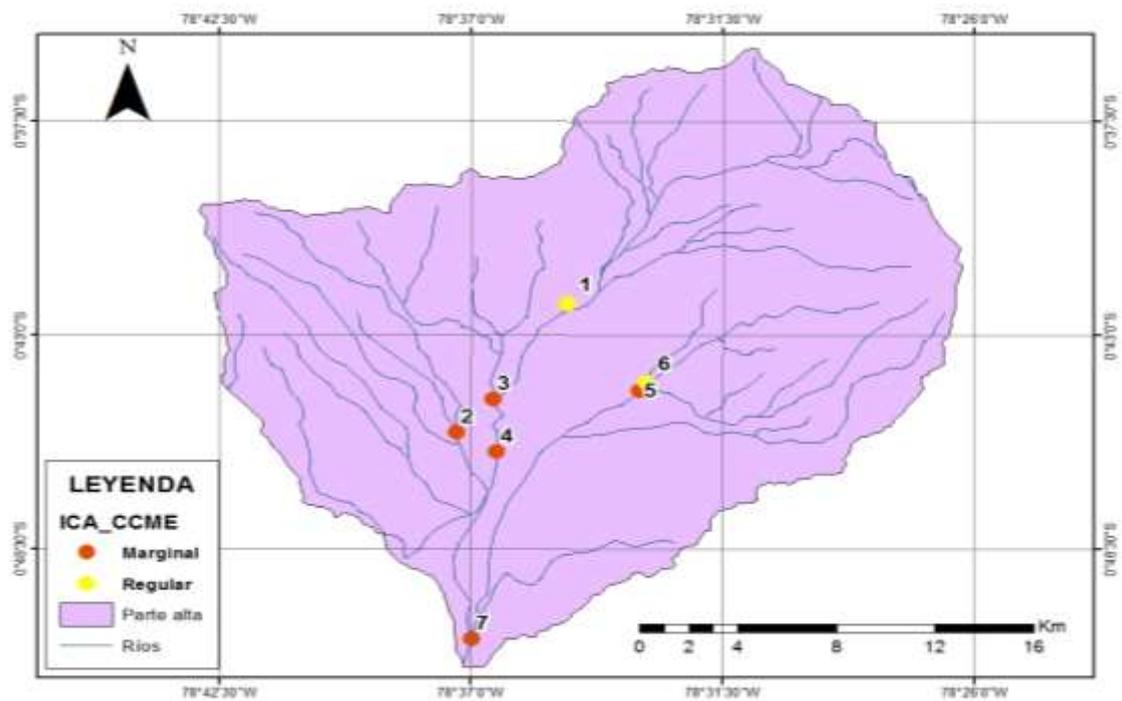
En el punto 3 se puede registrar tres tipos de calidad de agua. Para los meses de octubre, diciembre y abril se obtuvo agua de calidad marginal, noviembre y enero son los meses con mejor calidad con agua de rango buena y los meses restantes se encuentran con una calidad de agua regular. En el punto 4 se pudo evidenciar aguas de dos tipos de marginal que oscilan entre valores de 45 a 64 y agua de calidad regular con valores de 65 a 79, el punto 5 al ser comparado con los diferentes puntos evaluados se lo considera como el punto con mayor contaminación, en los meses de noviembre, marzo y mayo con agua de calidad pobre según los estándares del método CCME. En el punto 6 se pudo observar que la mayoría de los meses tiene agua de calidad buena exceptuando el mes de abril que cuenca con calidad marginal y los meses de noviembre, enero y julio arrojaron agua de calidad regular, esto puede deberse a diversos factores ambientales, en la mayoría de los meses del punto 7 se encontraron con agua de calidad regular mejorando en el mes de diciembre y disminuyó para el de abril.

Figura 3. Calidad de los puntos evaluados ICA-NSF.



Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Figura 4. Calidad de los puntos evaluados ICA-CCME.



Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Existen grandes diferencias al comparar los métodos de calidad de agua NSF y CCME, uno de los factores primordiales es el desarrollo de cada uno siendo el método CCME más preciso debido a que utiliza datos mucho más precisos lo contrario que el NSF que utiliza ponderaciones y curvas de función para obtener valores no tan precisos, de igual manera las escalas de valoración son diferentes para cada uno de los métodos.

En la base de datos facilitada por INAMHI y SENAGUA, en el P1 ubicado en el río Cutuchi sector de Caspi se determinó la presencia de metales pesados: cobre, flúor, hierro, manganeso, sulfatos entre otros, los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según el ANEXO 1 DEL LIBRO VI del TULSMA, tabla 3 criterio de calidad de agua para riego agrícola sin embargo la alta concentración de estos metales puede ocasionar diversos problemas a la fauna, flora y a la salud humana. Según Sela (2020), el cobre, hierro y manganeso son considerados como micronutrientes los cuales deben estar en mínimas cantidades partes por millón, y existen saturaciones las plantas podrían tener un daño oxidativo inhibiendo su crecimiento, las concentraciones altas de flúor y sulfatos podrían ocasionar enfermedades graves como gastrointestinal hasta neurológico.

11.5 Análisis estadístico

11.5.1 ANOVA

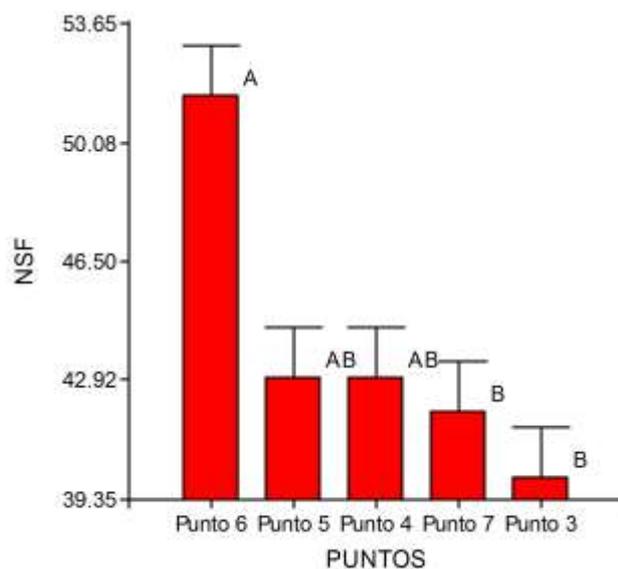
11.5.1.1 Prueba de Tukey ICA-NSF

Considerando el análisis de varianza (Anexo 4), se pudo evidenciar que existe una alta significancia entre los diferentes puntos de calidad de agua para la PAMRC

Tabla 11. Análisis de varianza ICA-NSF.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos	156.40	4	39.10	8.69	0.0179
Error	22.50	5	4.50		
Total	178.90	9			

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Gráfico 3. Representación de Análisis de varianza ICA-NSF.

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

En la PAMRC se pudo evidenciar que existen dos tipos de calidad de agua, el punto 6 ubicado en la quebrada San Rafael sector San Ramón pertenece al grupo “A” tiene una calidad de agua media, con un valor de 51.50 y un grupo “B”, en los puntos (3, 4, 5 y 7) cuya calidad de agua es mala con valores que fluctúan entre 40 y 43.

11.5.1.2 Prueba de Tukey ICA-CCME

Considerando el análisis de varianza (Tabla 12), donde se pudo evidenciar que existe una ligera significancia entre los diferentes puntos de calidad de agua para la PAMRC.

Tabla 12. Análisis de varianza ICA-CCME.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos	1089.83	4	272.46	3.52	0.0999
Error	386.71	5	77.34		
Total	1476.54	9			

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

Para este método no existen diferencias estadísticas en la calidad de agua para los puntos (3, 4, 5, 6 y 7) sin embargo si existen diferencias en la calidad de agua en los puntos (3, 4, 5 y 7) la calidad es marginal con valores que oscila entre 45 a 61 y la calidad del punto 6 es regular con un valor de 77.84, estos datos son corroborados con (Anexo 5 y 6).

11.6 Análisis de tendencia

Se realizó el análisis de tendencias mensual mediante el test no paramétrico de Spearman's Rho.

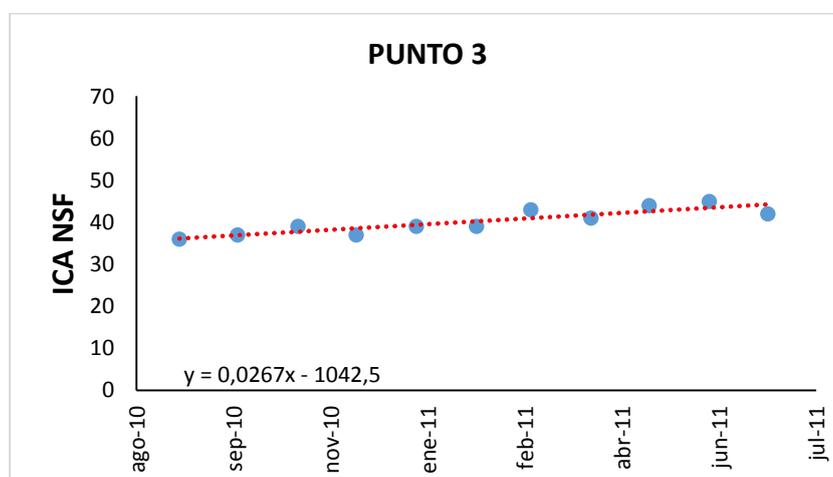
Tabla 13. Análisis de tendencia según el método de Spearman's Rho.

ICA	Puntos	z	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Significancia
NSF	P 3	2.904	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 4	1.84	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 5	0.719	0.822	0.98	1.288	NS
	P 6	2.012	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 7	1.466	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
CCME	P 3	0.546	0.822	0.98	1.288	NS
	P 4	1.495	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 5	-0.747	0.822	0.98	1.288	NS
	P 6	-0.172	0.822	0.98	1.288	NS
	P 7	-1.696	0.822	0.98	1.288	S (0.01)

Elaborado por: Carla Rojas, 2020.

En el punto 3 ubicado en el sector de San Rafael, se puede evidenciar que la calidad de agua del río mejoró de septiembre a julio para un periodo de dos años (2010-2011) con un $p < 0.01$ por el método NSF (Gráfico 4). Es decir, que la calidad de agua mejoro ligeramente, pero manteniéndose en el mismo rango con una calidad de mala. Sin embargo, por el método CCME no existe significancias a un $p < 0,01$ (Tabla 13).

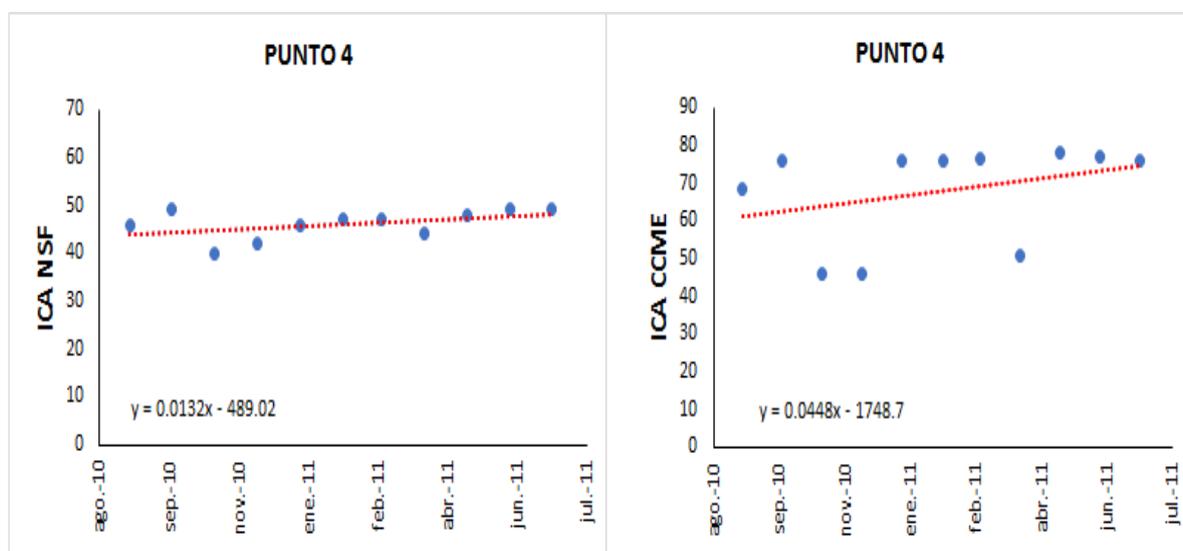
Gráfico 4. Incremento de la calidad de agua en el punto 3, sector San Rafael por el método ICA-NSF ($p < 0,01$).



Elaborado: Carla Rojas, 2020.

El punto 4 ubicado en el sector Ex-Nabisco, por el método NSF muestra un gradiente positivo con un $p < 0.01$, donde se evidencia que la calidad de agua mensual de septiembre a julio por un periodo de dos años (2010-2011), ha tenido una pequeña mejora de 40 a 49, sin embargo, sigue situando en la categoría de mala (Gráfico 5). Según el método CCME el punto 4 ha tenido una mejora de 45 a 78, mejorando progresivamente la calidad de marginal a regular con un $p < 0.01$ (Gráfico 5).

Gráfico 5. Incremento de la calidad de agua en el punto 4, sector Ex-Nabisco por el método ICA-NSF e ICA-CCME ($p < 0,01$).

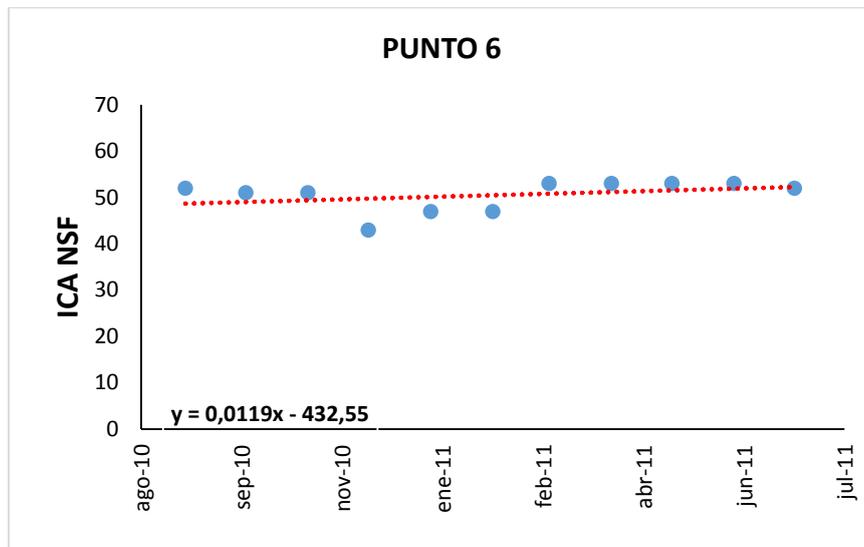


Elaborado: Carla Rojas, 2020.

En el punto 5 ubicado en la quebrada San Rafael sector San Ramón, para el método NSF no existen diferencias estadísticas en la tendencia a la calidad de agua, es decir en el punto 5 la calidad de agua se encuentra en el rango de mala sin cambio alguno, al igual que el método CCME no existe significancias en la tendencia a la calidad de agua, es decir se encuentra en el rango de pobre a regular (Tabla 13).

El punto 6 ubicado en la quebrada San Rafael sector San Ramón por el método NSF presenta una ligera significancia (Gráfico 6), donde se puede evidenciar que la calidad de agua mensual de septiembre a julio por un periodo de dos años (2010-2011), ha mejorado la calidad de mala a buena entre un rango de 43 a 53 con un $p < 0.01$. Mientras que para el método CCME no presenta diferencias estadísticas por lo que se mantienen en un rango de calidad de marginal a regular (Tabla 13).

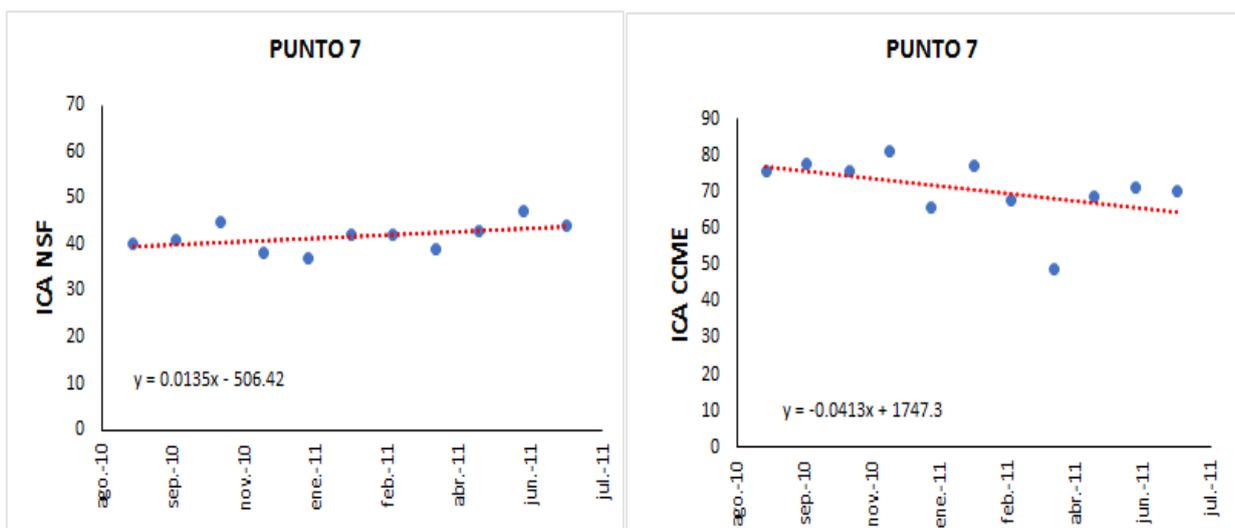
Gráfico 6. Incremento de la calidad de agua en el punto 6, en la quebrada San Rafael sector San Ramón por el método ICA-NSF ($p < 0,01$).



Elaborado: Carla Rojas, 2020.

En el punto 7 ubicado en el río Tambuyacu sector Hacienda San Patricio se puede evidenciar que la calidad de agua mensual de septiembre a julio para un periodo de dos años (2010-2011) con un $p < 0,01$ ha ido ligeramente mejorando pero manteniéndose en el mismo rango con una calidad de agua mala esto considerando para el método NSF al igual que el método CCME tiene un $p < 0,01$ y la calidad de agua ha ido mejorando de un rango de calidad marginal a regular (Tabla 13).

Gráfico 7. Incremento y disminución de la calidad de agua en el punto 7 en el río Tamboyacu sector Hacienda San Patricio, por el método ICA-NSF e ICA-CCME ($p < 0,01$).



Elaborado: Carla Rojas, 2020.

12 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1 Impactos sociales

La salud de las poblaciones cercanas al río es muy importante para las autoridades de la ciudad de la Latacunga, es por ello que al conocer que existen problemas en la calidad del agua del río Cutuchi, algunos entes reguladores como SENAGUA y Ministerio del Ambiente podrán ejercer acciones para controlar de alguna manera el crecimiento de la contaminación. Porque es un problema que afecta no solo a la salud de la población sino también genera impactos económicos y ambientales a toda la provincia de Cotopaxi, no obstante, se debería gestionar de una mejor manera el recurso hídrico en la parte alta de la microcuenca estudiando los puntos más críticos o focos de contaminación y tomando medidas más rígidas en las normativas para mejorar su calidad.

12.2 Impactos ambientales

La mala calidad del agua en la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi afecta a diversos factores tanto a nivel humano como ambiental, por ejemplo, la biodiversidad al no poder desarrollarse adecuadamente por las altas variaciones de contaminación genera irregularidades en el desarrollo de la vegetación del sitio y claramente en la vida tanto acuática como terrestre que se encuentra en los alrededores del lugar. La salud de los animales en su mayoría los del sector ganadero al momento de ingerir el agua pueden contraer diversas enfermedades intestinales. De igual manera tendría una fuerte influencia la parte paisajística, esto afectaría la calidad de vida de los moradores del sector como lo asegura el art.14 de la Constitución Política de la República el Ecuador, en donde plantea que tenemos derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

12.3 Impactos económicos

Por la mala calidad del agua se generan grandes pérdidas económicas en la agricultura al contar con ciertos parámetros fuera de los rangos establecidos en la constitución, disminuye la calidad de los productos. Al utilizar agua contaminada para el regadío de las hortalizas algunos parámetros pueden perjudicar la calidad y la cantidad del producto es así el caso de pH, temperatura y turbidez que al encontrarse en altas concentraciones afecta el nivel de oxígeno disuelto en el agua dando paso a diversas dificultades como la asimilación de nutrientes, proliferación de plagas, crecimiento en la formación de la plántula, etc. Y uno de los parámetros

fundamentales para determinar la calidad de la producción agrícola son las coliformes fecales ya que es muy comunes encontrarlos en aguas de ríos contaminadas por descargas. También se dan pérdidas en el sector ganadero por muertes o enfermedades de los vacunos por aguas contaminadas con pesticidas, metales pesados, aguas servidas, etc. Y por parte de las empresas industriales los impactos económicos son representativos, pero positivamente ya que al descargar sus aguas directamente al río evitar el proceso de generar tratamientos y evitar que el agua se contamine progresivamente.

13 PRESUPUESTO

Tabla 14. Presupuesto para la elaboración del proyecto.

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR/UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
HUMANOS	Investigador	1	30.0	30.0
DE OFICINA	Libretas	1	1.00	1.00
	Esferos	4	0.40	1.60
	Lápices	4	0.40	1.60
	Hojas	1	4.50	4.50
TECNOLÓGICOS	Computador	360	0.70	252.00
	Impresora (Tinta)	200	0.20	40.00
	Software Trend	1	300	300
	Calculadora	1	15.0	15.00
Subtotal				645.70
10% de imprevistos				64,57
TOTAL				710.27

Elaborado: Carla Rojas, 2020.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con una data ya establecida se puede determinar el grado de contaminación de los diferentes puntos ubicados en la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi, por consiguiente, se determinó 6 puntos como críticos ya que la calidad de agua para un periodo mensual de dos años resulto en un rango de mala a media por los dos métodos, afectando al desarrollo social, económico y ambiental del sector. Esto debido a la cantidad de industrias localizadas a los alrededores del lugar que descargan sus aguas contaminadas a lo largo del río sin previo tratamiento y a las grandes extensiones de plantaciones de brócoli en donde los químicos utilizados en la fertilización de las plantas son arrastrados por las lluvias yendo a parar a los ríos más cercanos. Sin embargo, en el punto 6 localizado en el río Cutuchi, Quebrada San Rafael sector San

Ramón para el periodo 2010-2011 se determinó una mejora de la calidad de agua de media a buena, esto podría deberse a bajas actividades antropogénicas.

- Para la parte alta de la microcuenca del río Cutuchi se determinó que los parámetros DBO₅, Oxígeno disuelto y Coliformes fecales por parte de los métodos ICA-NSF e ICA-CCME se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A, según las tablas: para consumo humano y doméstico, preservación de vida acuática y silvestre, y aguas para riego agrícola, en un periodo de cuatro años (2008-2010-2011-2013). Estos parámetros podrían afectar severamente en la calidad de agua.
- Se puede observar que, mediante el análisis de tendencias, test de Spearman's Rho el punto 4 ubicado en el río Cutuchi sector Ex – Nabisco presenta una mejora en la calidad de agua yendo de mala a media en el periodo 2010 al 2011 con un alto nivel de significancia ($p < 0.01$).

Recomendaciones

- Se recomienda trabajar con una mayor cantidad de datos y periodos prolongados, esto ayudaría a que los resultados obtenidos sean más sólidos, mientras más actual y abundante sea la información obtenida se tendrá mayor conciencia sobre la situación actual del lugar, dando paso a autoridades correspondientes como el Ministerio del ambiente y SENAGUA a tomar las respectivas medidas para un control del crecimiento de la contaminación del agua.
- Dado que la presente investigación solo involucro 9 parámetros para la determinación de la calidad del agua del río Cutuchi sería conveniente para futuros proyectos adicionar el estudio de metales pesados ya en ciertos tramos del río son abundantes y ayudarían para un mejor diagnóstico de la calidad del agua.
- Al contar con análisis de tendencia posteriores se podría tener una idea más clara de cómo se encontrará la calidad del agua en un futuro si las acciones del hombre no cambian y gradualmente con una data generosa poder realizar en un futuro un pronóstico de la calidad del agua en diferentes ríos del Ecuador.

15 REFERENCIAS

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2012). *Why water quality indices*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=JU6SEypUx9gC&oi=fnd&pghttps://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=JU6SEypUx9gC&oi=fnd&pghttps://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=JU6SEypUx9gC&oi=fnd&pg>
- Aguilar, M. (noviembre de 2014). *Ecobog*. Obtenido de Medidas estadísticas: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/agilarm/files/2014/10/UNIDAD-3.pdf>
- Álvarez, R. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. Díaz de Santos. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=V2ZosgPYI0kC&pg=PA507&lpg=PA507&dq=8.9.3+Pruebas+de+comparaciones+m%C3%BAltiples&source=bl&ots=C2LhfCNfCb&sig=ACfU3U0LqpEwCoER2NedLGfhB7pk9KqZlw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi7muHyt9_pAhWml-AKHcRIBBYQ6AEwAnoECAoQAQ#v=onepage&
- Avendaño, R. (14 de Abril de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS: <https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas#:~:text=SUB%20CUENCA%3A%20Son%20los%20r%C3%ADos,alimentan%20a%20los%20r%C3%ADos%20secundarios.>
- Baños, A. (24 de diciembre de 2018). *Higiene Ambiental*. Obtenido de ¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Bouza, C. (abril de 2017). *ResearchGate*. Obtenido de ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS: https://www.researchgate.net/publication/315755914_Capitulo_2_ELEMENTOS_DEL_ANALISIS_ESTADISTICO_DE_DATOS
- Bragado, R. (11 de julio de 2017). *Tiloon*. Obtenido de Aguas depuradas para riego IV. Turbidez.: <https://www.tiloom.com/turbidez/#:~:text=La%20turbidez%20en%20las%20aguas,m%C3%A1s%20alta%20ser%C3%A1%20la%20turbidez.>
- Brown , R., McClelland , N., Deininger, R., & Tozer , R. (1970). *A Water Quality Index- Do We Dare? Water and*. Obtenido de http://pubs.sciencedirect.com/ajwr/1/3/3/index.html?fbclid=IwAR0XB6pv_J1KrxYc2la9bem3cq4g_tGtzfu9KiBuHkCp_sM985OCrRcLrBI
- Buck, R. (2002). *Measurement of pH, definition, standards and procedures*. Obtenido de <https://www.degruyter.com/view/journals/pac/74/11/article-p2169.xml>
- 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>
- Calderon, O. (junio de 2012). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS*. Obtenido de Medidas de Centralización:

https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_JUNIO_2012/IF_CALDERON%20OTOYA_FCA/capitulo%203.pdf

- Campos, C., Contreras, A., & Leiva, F. (2015). EVALUACIÓN DEL RIESGO SANITARIO EN UN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) DEBIDO AL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR EN EL CENTRO AGROPECUARIO MARENGO CUNDINAMARCA, COLOMBIA. *Revista Biosalud*, 69-78. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v14n1/v14n1a08.pdf>
- Cantor, D. (2011). *EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE TENDENCIAS DE LARGO PLAZO EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA COLOMBIANA*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11058382.pdf>
- Cardenas, J. (6 de noviembre de 2015). *Networkianos*. Obtenido de que es ANOVA de un factor y como analizarla: <http://networkianos.com/anova-de-un-factor-que-es-como-analizar/>
- Castellano, O., Fúquene, A., & Ramírez, D. (2008). *Análisis de tendencias: de la información hacia la innovación*. Bogota. Obtenido de academia.edu/37152891/Análisis_de_tendencias_de_la_información_hacia_la_innovación
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolucion y tendencias a nivel global. *Ingenieria Solidaria*, 113-115. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/811-Article%20Text-1853-1-10-20150408.pdf>
- CCME. (2017). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Obtenido de CCME WATER QUALITY INDEX USER'S MANUAL: https://www.ccme.ca/files/Resources/water/water_quality/WQI%20Manual%20EN.pdf
- CIMCOOL. (1 de noviembre de 2004). *¿Por qué es importante el oxígeno disuelto?*. Obtenido de <http://www.cimcool.ca/uploads/downloads/Porqueesimportanteeloxigenodisuelto.pdf>
- COA. (2018). *Código Orgánico del Ambiente*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf?fbclid=IwAR0uabl_YAKKdHmPufuL3__84PbeztCcOsgmbu1r7NbM5jmrALFEduBYw6s
- Cochran, W., & Cox, G. (1965). *Diseños experimentales*. México: Trillas, S.A.
- Comercio La Hora. (25 de febrero de 2019). El río Cutuchi en estado crítico. *Las desgacrgas de empresas, casas y la contaminación directa, generan toxicidad.*, pág. 4. Obtenido de https://issuu.com/la_hora/docs/cotopaxi_26_de_febrero_del_2019
- Constitución de República del Ecuador. (2011). Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista chilena de anestesia*, 306-310. Obtenido de <https://revistachilenadeanestesia.cl/analisis-de-varianza/>
- Diagnino, J. (2014). Comparaciones Múltiples. *Bioestadística y Epidemiología*. Obtenido de <http://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.08.pdf>
- DIGESA. (2010). *DIGESA-MINSA*. Obtenido de GESTA AGUA : http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

- e8Dsoluciones. (mayo de 2012). *Integración y marketing directo*. Obtenido de Análisis estadístico: http://www.e8dsoluciones.es/pdf/e8d_ana_est_que_es.pdf
- Edmung, G., & Brown, J. (2013). RECURSOS PARA AGRICULTORES, NITRATO EN EL AGUA POTABLE. *WATER BOARDS*, 1. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/nitratos_en_el_agua.pdf
- Encinas, M. (2011). *MEDIO AMBIENTE Y CONTAMIANCIÓN. PRINCIPIOS BÁSICOS*. ISBN. Obtenido de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
- Estupiñan, S., & Ávila, S. (2010). *Calidad físico-químico y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca*. Cundinamarca: Nova 8. Obtenido de <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/162/323>
- eWater Toolkit. (2018). *Water Toolkit*. Obtenido de TREND: <https://toolkit.ewater.org.au/Tools/TREND>
- Fallas, J. (2012). *Repositorio MGAP*. Obtenido de Análisis de varianza: http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf
- Fernández, C. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 148. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fonseca, K. (2018). *Caracterización preliminar de la calidad del agua del Reservoirio del Centro Experimental Académico Salache*. Obtenido de <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/133>
- Galárraga, R. (2000). *Gestión del agua en el Ecuador*. Quito. Obtenido de <https://www.cepal.org/DRNI/proyectos/samtac/InEc00100.pdf>
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV ALBEITAR*, 3. Obtenido de http://www.avideter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- García, D. (2015). *Estructura ecológica de los hábitats larvarios de Aedes aegypti en reservorios artificiales de agua*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/52447/1/53105542.2016.pdf>
- Gil, M., Soto, A. M., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas. *P+L*, 52-73. Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/265>
- Gómez, D. (2011). *EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE TENDENCIAS DE LARGO PLAZO EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA COLOMBIANA*. Medellín. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11058382.pdf>
- Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *ESTADÍSTICA BÁSICA, PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS*. Madrid. Obtenido de https://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf
- GreenMedicine. (31 de julio de 2018). *El laboratorio de todo growled*. Obtenido de Temperatura en el agua de riego: <http://laboratorio.todogrowled.com/temperatura-agua-de-riego#:~:text=El%20agua%20de%20riego%20deber%C3%ADa,%C3%B3ptima%20ser%C3%ADan%20los%20230>.

- Guzmán, B., Nava, G., & Días, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia. *Revista Biomedica*. Obtenido de <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/2511>
- Hernández, F., Nolasco, E., & Salguero, M. (2016). *Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río suquiapa, Santa Ana, El Salvador*. El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11070/1/Determinaci%C3%B3n%20del%20C3%ADndice%20de%20calidad%20del%20agua%20NSF%20y%20modelaci%C3%B3n%20del%20Cromo%20Hexavalente%20en%20la%20parte%20alta%20del%20r%C3%ADo%20Suquiapa%2C%20Santa%20Ana%2C%20El%20Salvador.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Estadísticas del País*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Izurieta, R., & Campaña, A. (2019). *Calidad del agua en las Américas riesgos y oportunidades*. México. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Am%C3%A9ricas_2019.pdf
- Jouanneau, S. (2014). *Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259246513_Methods_for_assessing_biochemical_oxygen_demand_BOD_A_review
- Lavie, E., Morábito, J., & Salantino, S. (2014). Aplicación de índices integradores de calidad hídrica al piedemonte andino argentino. *Revistatyc. Tecnología y ciencias del agua*, 23-37. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n4/v5n4a2.pdf>
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua*. Quito. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Meléndez, P. (21 de junio de 2016). *El Mercurio*. Obtenido de Intoxicación por nitratos en ganado: <https://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2016/06/21/intoxicacion-por-nitratos-en-ganado-lechero.aspx?disp=1>
- Ministerio de Salud Pública. (2014). *Informe de Avance río Cutuchi*. Latacunga. Obtenido de https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/sigobito/tareas_seguimiento/1053/MSP-CZONAL3-2014-14012-2.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Plan de Descontaminación del Río Cutuchi*. Latacunga. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-ejecuta-plan-de-descontaminacion-del-rio-cutuchi/>
- Morales, A. (2012). *Estadística y probabilidades*. Concepción. Obtenido de <http://www.x.edu.uy/inet/EstadisticayProbabilidad.pdf>
- Olarte, F. (31 de julio de 2017). *Ecovidasolar*. Obtenido de Ph en el cuerpo y en el agua: <https://www.ecovidasolar.es/blog/ph-en-el-cuerpo-y-ph-en-el-agua/>
- ONU. (2017). *wedocs.unep*. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20479/Freshwater_strategy_2017-2021_SP.pdf?sequence=4&isAllowed=y

- Oram, B. (2014). *Water Research Center*. Obtenido de Calculating NSF Water Quality Index (WQI): <https://water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>
- Página Universidad Técnica de Cotopaxi. (2019). *Total de Alumnos periodo académico Septiembre 2019- Febrero 2020*. Obtenido de <http://www.utc.edu.ec/>
- Pedroza, J. (2014). *El análisis de tendencias como un medio generador de criterios sostenibles: Un enfoque sistémico para el desarrollo de un producto o servicio*. Valencia. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-ElAnalisisDeTendenciasComoUnMedioGeneradorDeCriter-5204313.pdf
- Piñedos, K. (14 de Abril de 2016). *Slideshare*. Obtenido de Subcuencas y microcuencas: <https://www.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas>
- PPRT. (2014). *Plan provincial de riego de Tungurahua*. Ambato. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PDF_Resumen_Ejecutivo_Plan_de_Riego_Tungurahua_2014_-_2029%20(1).pdf
- Puertas, R., Rengifo, J., & Bravo, N. (2011). *actswithscience*. Obtenido de ArcGis: <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>
- Ramos, D. (2019). *Análisis de varianza para datos de conteo con extra-dispersión utilizando la dispersión binomial negativa*. Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8821/MARaeudr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Recio, R., & Aliaga, J. (2020). Uso del diseño complemente aleatorio para determinar la edad de comienzo de los mejores resultados en los lanzadores del martillo. *Revista Científica Olimpia*, 139-152. Obtenido de <https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/1298>
- Reyes, L. (05 de 2014). *reyesestadistica.blogspot*. Obtenido de reyesestadistica.blogspot: <http://reyesestadistica.blogspot.com/2014/05/prueba-de-tukey-para-experimentos.html>
- Rickert, B., Chrus, I., & Schmoll, O. (11 de abril de 2016). *Scielo*. Obtenido de Protecting surface water for health Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchments: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100007#aff1
- Rodriguez. (24 de 7 de 2015). *Parametros Fisicoquimicos*. Obtenido de Parametros Fisicoquimicos: <https://consideraciones-acuicolas2.webnode.com.co/news/parametros-fisico-quimicos/>
- Rodriguez, S., Tremblay, R., Toledo, C., Gonzalez, J., & Ryu, S. (2012). *Pubmed.gob*. Obtenido de Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22610428/?from_term=Toledo-Hernandez+C&from_cauthor_id=22610428&from_pos=1
- Ruiz, A. (31 de 12 de 2015). *Fosfato*. Obtenido de Fosfato: <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- Ruiz, M. (2017). Estimación de la desviación estándar. *ResearchGate*, 37-44. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319332721_Estimacion_de_la_desviacion_estandar

- Salazar, C., & Castillo, S. (2018). *Fundamentos básicos de estadística*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%3%ADstica-Libro.pdf>
- Salinas, H. (2010). *may.uda.cl*. Obtenido de Estadística:conceptos básicos definiciones: <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/Clase1.pdf>
- Sánchez, A. (2020). *Bootstrap*. Obtenido de Jekyll: <http://aprendeconalf.es/estadistica/manual/estadistica-descriptiva.html>
- Sela, G. (12 de febrero de 2020). *smartFertilizerAdmin*. Obtenido de EL PH DEL AGUA: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/ph-alkalinity/>
- SEMARNAT. (2013). Cuencas Hidrográficas. En *Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión* (pág. 7). México. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- SEMARNAT. (27 de Junio de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de ¿Qué son las cuencas hidrologicas y las reservas de agua?: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-son-las-cuencas-hidrologicas-y-las-reservas-de-agua>
- SENAGUA. (2012). *Senagua refuerza la recuperación del río Cutuchi*. Latacunga. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/senagua-refuerza-la-recuperacion-del-rio-cutuchi/>
- Simona, X., Penrua, Y., & Guastallia, A. (2011). Improvement of the analysis of the biochemical oxygen demand (BOD) of mediterranean seawater by seeding control. *ELSEVIER*, 528. Obtenido de https://www.academia.edu/23786378/Improvement_of_the_analysis_of_the_biochemical_oxygen_demand_BOD_of_Mediterranean_seawater_by_seeding_control
- Singaku S.L. (2020). *Sangaku*. Obtenido de Rango: <https://www.sangakoo.com/es/temas/rango-o-recorrido>
- Taípe, V. (23 de noviembre de 2015). *SlideShare*. Obtenido de Diseño completamente al azar.: <https://es.slideshare.net/veronicataipe904/unidad-4-diseo-completamente-al-azar>
- Telégrafo, E. (9 de mayo de 2015). 40 mil m3 de aguas negras van al río Cutuchi. *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelgrafo.com.ec/noticias/regional/1/40-mil-m3-de-aguas-negras-van-al-rio-cutuchi>
- Toro, C. (2001). *Word water monitoring*. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Torres, C. (2018). *Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de Planteamiento de una metodología para el cálculo de un índice de calidad del agua para el río Machangara, cuenca alta del Guayllabamba: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19498/1/CD-8898.pdf>
- TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Miinisterio del Ambiental*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Universidad de Salamanca. (2011). *ocw.usal*. Obtenido de Medidas de forma: <http://ocw.usal.es/ciencias-sociales-1/estadistica-i/contenidos/Tema5.pdf>

- Vásquez, E., & Núñez, A. (2011). Inconsistencia del Coeficiente de Variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de Análisis de Varianza. *SciELO Analytics*, 1. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300006
- Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). *Ph. Teoría y 232 problemas*. Obtenido de <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Vera, O. (2015). *Comprensión de conceptos elementales del análisis de varianza por estudiantes universitarios*. Granada. Obtenido de <http://www.ugr.es/~batanero/documentos/TesisVera.pdf>
- Zambrano, F. (2012). *academia.edu*. Obtenido de Infostat: 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 1.

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	69
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

Anexo 2. Criterios de calidad de agua, tabla 2.

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 (1)	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total (2)	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	µg/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	0,01	0,01
Clorofenoles (3)		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	mg/l	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	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organoflorados totales	Organoflorados totales	µg/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
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	-

Anexo 3. Criterios de calidad de agua, tabla 3.

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
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

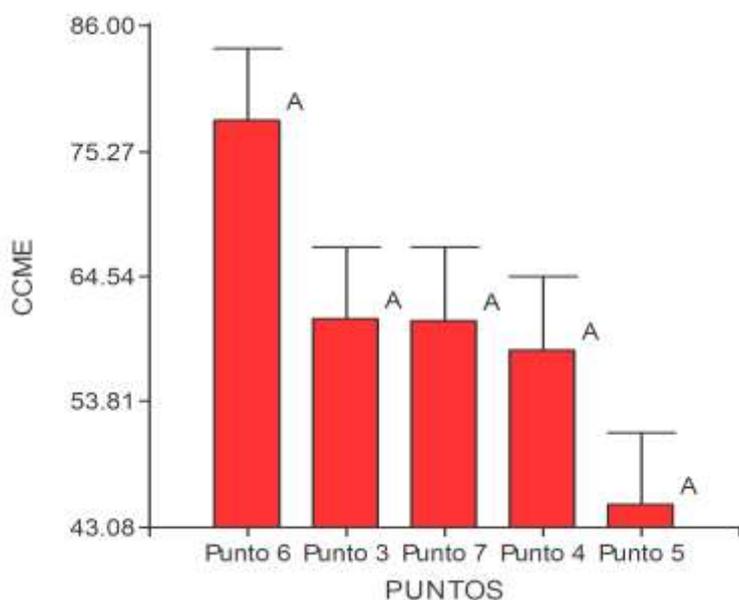
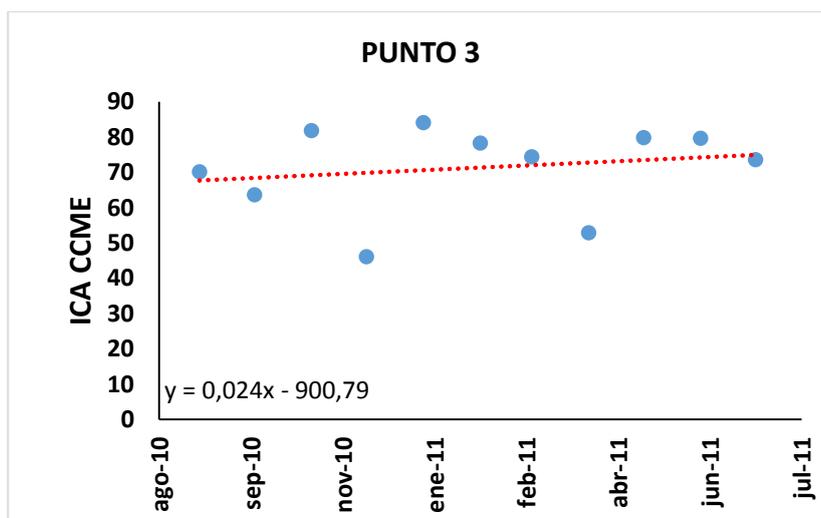
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr +6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	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

Anexo 4. ANOVA. Prueba de Tukey ICA NSF.

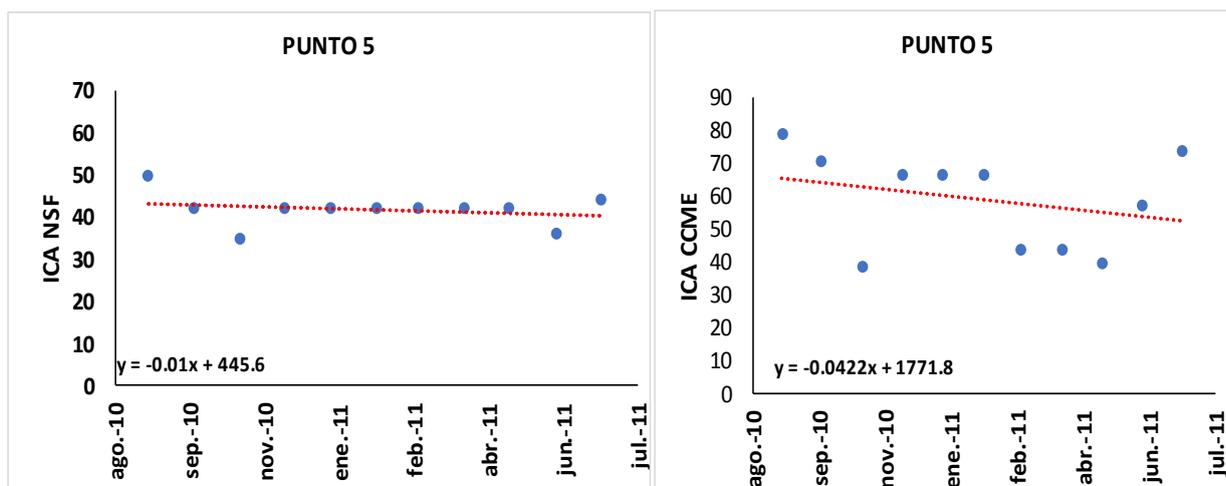
PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 6	51.50	2	1.50	A
PUNTO 5	43.00	2	1.50	A B
PUNTO 4	43.00	2	1.50	A B
PUNTO 7	42.00	2	1.50	B
PUNTO 3	40.00	2	1.50	B

Anexo 5. ANOVA. Prueba de Tukey ICA CCME.

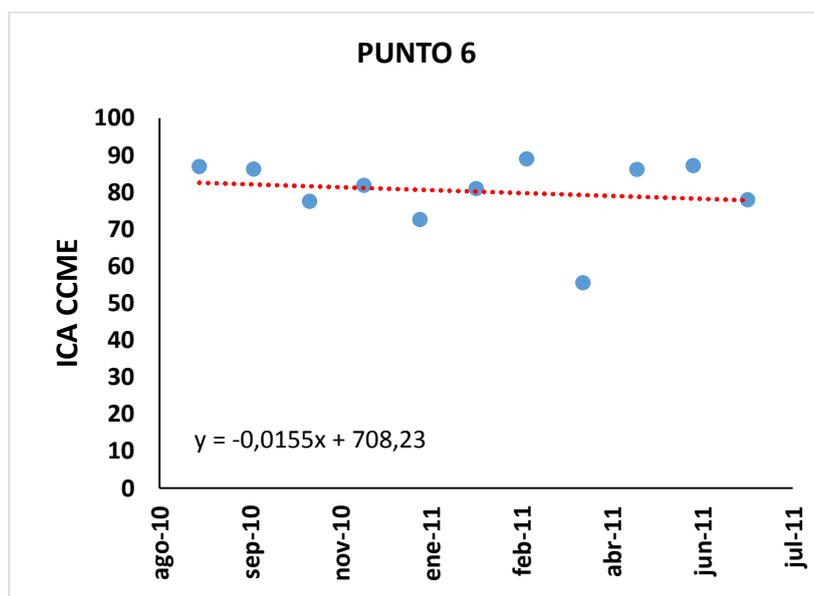
PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 6	77.84	2	6.22	A
PUNTO 3	60.85	2	6.22	A
PUNTO 7	60.79	2	6.22	A
PUNTO 4	58.29	2	6.22	A
PUNTO 5	45.03	2	6.22	A

Anexo 6. ANOVA. Gráfico de la prueba de Tukey ICA CCME.**Anexo 7.** Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA CCME.

Anexo 8. Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA NSF y CCME.



Anexo 9. Análisis de tendencias. Gráficos de líneas tendenciales, ICA CCME.



Anexo 10. Aval del Traductor



Universidad
Técnica de
Cotacachi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotacachi, en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma inglés presentada por la señora **HIMAS BENAVIDES CARLA YESSÉNIA** egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**, de la **FACULTAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa: **"EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTOCHI, EN LA PROVINCIA DE COTACACHI, PERIODO 1919-2019"** la realizó bajo mis supervisión y control con una correcta estructura gramatical del idioma.

En todo momento puedo certificar en honor a la verdad y al servicio a la pertinencia hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020.

Avalado por:

Nelson Guajardo, Mg. C.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.I. 058314643-5



CENTRO
DE IDIOMAS

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

N°	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

N°	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

N°	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

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 MUNDIAL	Ecuador	2017
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

N°	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	12/207	12/207
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 UruguayArgentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	08/2014	08/2014

5. PUBLICATIONES

No.	TITULO	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 %	COMPRENSIÓN %
1	INGLÉS	60	70	70
2	PORTUGUÉS	30	40	50

7. INFORMACIÓN ADICIONAL QUE CONSIDERE UTIL

Abanderad 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

HOJA DE VIDA



1. DATOS PERSONALES

Apellidos: Rojas Benavides	Nacionalidad: Ecuatoriana
Nombres: Carla Yessenia	Cedula de identidad: 1725925208
Dirección: Tambillo, El Rosal, Villa la Dolorosa	Edad: 25
Teléfono: 0984243190	Correo electrónico: carlarojas241@gmail.com

2. ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA:	Escuela América y España	Tambillo-Ecuador
SECUNDARIA:	Colegio Fiscal Uyumbicho Ciencias	Uyumbicho-Ecuador
SUPERIOR:	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería en Medio Ambiente	Latacunga-Ecuador

3. CURSOS REALIZADOS

LUGAR	CERTIFICADO	DURACIÓN Horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	I Seminario Internacional en Fiscalización, Seguimiento y Control Ambiental	40 horas
Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi	Sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia, informes de cumplimiento y auditorías en el cantón Latacunga, enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático.	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Taller de Diseño de plantas de Tratamiento	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	I Jornadas de Difusión Ambiental	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Seminario de Capacitación en Calidad Ambiental	
Universidad Técnica de Cotopaxi	Feria Utciencia 2018, Ciencia y Tecnología al Servicio del Pueblo	
Universidad Técnica de Cotopaxi	Feria Utciencia 2018 con el Proyecto Calidad del Agua	
Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mejía	Diseño, Construcción y Gestión De Rellenos Sanitarios	24 horas

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi y Universidad Técnica de Cotopaxi	Gestión de los Residuos Hídricos como Estrategia de Adaptación al Cambio Climático	

4. PASANTÍAS REALIZADAS

Lugar	Certificado	Duración
Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mejía	Prácticas Pre Profesionales en la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgos	382 horas

5. REFERENCIAS PERSONALES

Ing. Lennin Rojas	Teléfono: 0987121933
Lic. Paulina Molina	Teléfono: 0995213208