



# **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 BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO  
CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente

**Autor**

Mena Maisincho Eimer Gregorio

**Tutor**

Mercy Lucila Ilbay Yupa Ph.D.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Septiembre 2020**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Eimer Gregorio Mena Maisincho, con cédula de ciudadanía No. 0550060750, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte baja 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, 18 de septiembre del 2020

.....  
Eimer Gregorio Mena Maisincho  
C.I. 0550060750

## **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 **MENA MAISINCHO EIMER GREGORIO**, identificado con cédula de ciudadanía **0550060750**, de estado civil soltero y con domicilio en Latacunga barrio San Felipe, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. M.B.A. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico.**

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

Fecha de finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación de Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutora: Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte baja 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, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de septiembre del 2020.

.....  
Eimer Gregorio Mena Maisincho  
**EL CEDENTE**

.....  
Ing. M.B.A. Cristian Tinajero Jiménez  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”**, de Mena Maisincho Eimer Gregorio, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 18 de septiembre del 2020

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

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto el postulante: Mena Maisincho Eimer Gregorio, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE BAJA 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, 18 de septiembre del 2020

---

Dr. Carlos Mantilla Parra  
LECTOR 1 (PRESIDENTE)  
CC: 0501553291

---

M.Sc. Vladimir Ortiz Bustamante  
LECTOR 2  
CC: 0502188451

---

M.Sc. Kalina Fonseca Largo  
LECTOR 3  
CC: 1723534457

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi guía y bendecir cada uno de mis pasos por el camino por el cual me preparo.

A mis padres por el amor infinito, confiar y creer en mí, quienes siempre me enseñaron grandes valores y principios.

Agradezco a mis docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en especial a la Ph.D. Mercy Ilbay por su guía y su tiempo dedicado, dando lo mejor de sus conocimientos para mi formación académica.

**Eimer**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría para encaminar mi vida y la oportunidad de llegar al momento más importante y deseado de muchos años.

A mis padres por ser mi guía y fortaleza en todo momento quienes con su amor, dedicación y paciencia siempre estuvieron apoyándome sin importar la circunstancia y por ello siempre serán el pilar fundamental para cumplir todos mis sueños y metas.

A mi familia que me acompaña en esta etapa, por haber sido mi apoyo y aportar a mi formación tanto profesional y como ser humano.

**Eimer**

**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 BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”.

**AUTOR:** Eimer Gregorio Mena Misincho

**RESUMEN**

El presente estudio tiene como propósito estimar la calidad del agua de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi y posteriormente realizar el análisis de tendencias para un periodo de 2 años (2010-2011) en seis puntos a lo largo del río. La calidad del agua se evaluó mediante la aplicación de los ICAS NSF y CCME y el análisis de tendencia mensual mediante el test de Spearman's Rho. Los resultados evidencian que en la parte baja de la microcuenca mediante el ICA NSF para los seis puntos muestreados se obtuvo un rango de mala calidad con un promedio de 41,5; 42; 43; 43; 45 y 49. Mientras que para el método CCMC los puntos 1, 3, y 5 se encuentran en un rango marginal y para los puntos 2, 4 y 6 un rango regular. Los parámetros como coliformes fecales (2504.1 NMP/100ml), turbidez (26.27 NTU), DBO5 (37.15 mg/L), y fosfatos totales (0.74 mg/L) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para consumo humano, como para riego agrícola, según las tablas del TULSMA. En definitiva, la tendencia de la contaminación se encuentra en un constante cambio, como es el punto 4 que se obtuvo una tendencia descendente o negativa mientras que, para el punto 5 sucede lo contrario la tendencia se encuentra ascendente de regular a buena.

**Palabras claves:** calidad, contaminación, estimación, exploración, tendencia

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

**THEME:** “TREND EVALUATION OF THE WATER RESOURCE CONTAMINATION AT THE LOWER PART OF MICRO-BASIN CUTUCHI RIVER, IN THE COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2019-2020”.

**Author:** Eimer Gregorio Mena Misincho.

**ABSTRACT**

This study is aimed to estimate the water quality at the lower part of the micro-basin Cutuchi river and later carry out a trend analysis for a period of 2 years (2010-2011) at six points along the river. Water quality is assessed by applying the ICAS NSF and CCME and monthly trend analysis using the Spearman’s Rho test. The results of the micro-basin at the lower part show by means of the ICA NSF for the six sampled points, a range of poor quality was obtained with an average of 41.5; 42; 43; 43; 45 and 49. While for the CCMC method, the points 1, 3, and 5 are in a marginal range and for points 2, 4 and 6 a regular range. Parameters such as fecal coliforms (2504.1 NMP / 100ml), turbidity (26.27 NTU), BOD5 (37.15 mg / L), and total phosphates (0.74 mg / L) are outside the maximum permissible for human consumption, such as agricultural irrigation, according to the TULSMA tables. Ultimately, the pollution trend is in a constant change, as in point 4, got a downward or negative trend, while the opposite happens in point 5, the trend is upward from fair to good.

**Keywords:** Equality, pollution, estimation, exploration, trend

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. EL 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.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
8.1 Cuenca .....	7
8.1.1 Partes de la Cuenca.....	8
8.2 Clasificación de la cuenca.....	8
8.3 Agua.....	9
8.4 Agua dulce.....	9
8.5 Contaminación del agua.....	9
8.5.1 Fuentes de contaminación .....	11
8.6 Calidad del agua.....	11
8.7 Criterios de calidad de agua.....	12
8.7.1 Parámetros físicos y químicos del agua.....	12
8.7.2 Parámetros microbiológicos del agua.....	14
8.8 Índices de calidad de agua .....	15
8.8.1 Índice de calidad NSF.....	15

8.8.2	Índice de calidad del consejo canadiense del ministerio del ambiente (CCME).....	15
8.9	Río Cutuchi .....	16
8.10	Análisis exploratorio de datos.....	17
8.11	Medidas de resumen .....	18
8.11.1	Medidas posicionales.....	18
8.11.2	Medidas de dispersión o escala .....	19
8.12	Análisis estadístico .....	19
8.12.1	Diseño completo al azar .....	19
8.12.2	Analís de tendencia.....	20
8.13	Programas informáticos .....	21
8.13.1	ArcGIS.....	21
8.13.2	InfoStat .....	21
8.13.3	TREND.....	22
8.13.4	Calculating NSF Water Quality Index (WQI).....	22
8.14	Marco legal .....	22
8.14.1	Constitución del Ecuador .....	22
8.14.2	Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA).....	23
8.14.3	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA, 2018).....	24
8.14.4	Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamientos del agua.....	24
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	26
10.	METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL .....	26
10.1	Área de estudio .....	26
10.2	Datos .....	27
10.3	Análisis Exploratorio de Datos (AED) .....	29
10.4	Índices de calidad de agua .....	31
10.4.1	ICA NSF.....	31
10.4.2	ICA CCME.....	35
10.5	Análisis estadístico .....	37
10.5.1	Diseño completamente al azar.....	37
10.6	Análisis de Tendencia.....	39
11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40

11.1	Análisis exploratorio de datos.....	40
	pH.....	40
	Temperatura .....	40
	Turbidez .....	40
	Sólidos totales disueltos .....	41
	Nitratos.....	41
	DBO5 .....	42
	Oxígeno disuelto .....	42
	Coliformes fecales.....	42
	Fosfato total.....	43
11.2	Completación de datos.....	45
11.3	Índices de calidad de agua .....	45
	11.3.1 ICA NSF.....	47
	11.3.2 ICA CCME.....	47
11.4	Análisis estadista.....	49
	11.4.1 Análisis de varianza (ANOVA) .....	49
	11.4.2 Análisis de Tendencia .....	50
12	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) 53	
	12.1 Impactos sociales .....	53
	12.2 Impactos ambientales.....	53
	12.3 Impactos económicos.....	54
13	PRESUPUESTO.....	54
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
	14.1 Conclusiones.....	55
	14.2 Recomendaciones .....	56
15	REFERENCIAS .....	57
	ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios al proyecto .....	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	5
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua en la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi.....	29
Tabla 4. Pesos asignados a los parámetros según NSF .....	34
TABLA 5. Categorías del índice de calidad de agua NSF .....	35
Tabla 6. Categorías del índice de calidad de agua CCME_WQI .....	37
Tabla 7. Resumen de medidas de parámetros de calidad de agua de la parte media del río Cutuchi. ....	44
Tabla 8. Calidad de agua anual por el método ICA-NSF e ICA-CCME.....	46
Tabla 9. Calidad de agua mensual por los métodos ICA-NSF.....	47
Tabla 10. Calidad de agua mensual por los métodos ICA-CCME.....	48
Tabla 11. Análisis de Varianza ICA NSF.....	50
Tabla 12. Análisis de Varianza ICA CCME.....	50
Tabla 13. Análisis de tendencia por la prueba de Spearman's Rho. ....	51
Tabla 14. Presupuesto.....	54
Tabla 15. TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO .....	69
Tabla 16. TULSMA, Libro VI, Anexo 1, TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y ESTUARIOS .....	70
TABLA 17: TULSMA, Libro VI, Anexo 1, TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi, parte baja y sus poblados.....	27
Figura 2. Parte baja de la microcuenca del río Cutuchi y ubicación de los puntos evaluados .....	28
Figura 3. Función de Calidad NSF: a) Demanda Bioquímica de Oxígeno, b) Oxígeno disuelto, c) Coliformes fecales, d) Nitratos, e) pH, f) Temperatura, g) Sólidos totales disueltos, h) Fosfatos, i) Turbidez.....	32
Figura 4. Histogramas por parámetro: a) pH, b) Temperatura, c) Turbidez, d) Sólidos totales disueltos, e) Nitratos, f) DBO5, g) Oxígeno Disuelto, h) Coliformes fecales, i) Fosfatos.	45
Figura 5. Calidad mensual de los puntos de muestreo por el método ICA NSF. ....	48
Figura 6. Calidad de agua anual por los métodos ICA- CCME. ....	49
Figura 7. Análisis de Tendencia Punto 3 por el método ICA CCME. ....	51
Figura 8. Tendencia decreciente de la calidad del agua en el punto 4 por los métodos ICAS. NSF y CCME .....	52
Figura 9. Tendencia creciente de la calidad del agua en el punto 5 por los métodos ICAS NSF y CCME.....	52

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

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

### **Lugar de ejecución:**

Cantón Latacunga, microcuenca río Cutuchi parte baja, provincia de Cotopaxi,

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia**

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

### **Nombres de equipo de investigación:**

Tutor: PhD. Mercy Ilbay.

Estudiante: Sr. Eimer Mena.

Lectores: Mgs. Carlos Mantilla

MSc. Kalina Fonseca

Mgs. Vladimir Ortiz

### **Área de Conocimiento:**

El área: Servicio

Subárea de Protección del Medio

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Línea de vinculación:**

Manejo y conservación del recurso hídrico

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente estudio tiene como propósito estimar la calidad del agua de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi y posteriormente realizar el análisis de tendencias para un periodo de 2 años (2010-2011) en seis puntos a lo largo del río. La calidad del agua se evaluó mediante la aplicación de los ICAS NSF y CCME y el análisis de tendencia mensual mediante el test de Spearman's Rho. Los resultados evidencian que en la parte baja de la microcuenca mediante el ICA NSF para los seis puntos muestreados se obtuvo un rango de mala calidad con un promedio de 41,5; 42; 43; 43; 45 y 49. Mientras que para el método CCMC los puntos 1, 3, y 5 se encuentran en un rango marginal y para los puntos 2, 4 y 6 un rango regular. Los parámetros como coliformes fecales (2504.1 NMP/100ml), turbidez (26.27 NTU), DBO5 (37.15 mg/L), y fosfatos totales (0.74 mg/L) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para consumo humano, como para riego agrícola, según las tablas del TULSMA. En definitiva, la tendencia de la contaminación se encuentra en un constante cambio, como es el punto 4 que se obtuvo una tendencia descendente o negativa mientras que, para el punto 5 sucede lo contrario la tendencia se encuentra ascendente de regular a buena.

**Palabras claves:** calidad, contaminación, estimación, exploración, tendencia.

## 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo se desarrolla en función de que, todas las actividades del ser humano generan contaminación ambiental, encontrándose el recurso agua con el mayor problema en la actualidad. La microcuenca del río Cutuchi, tiene su nacimiento en los glaciares del volcán Cotopaxi, la cual sufre diversos aportes hídricos, de fuentes superficiales como subterráneas; sin embargo, su uso en diferentes actividades de producción industrial, agroindustrial y de servicio constituye en un problema socio ambiental, con permanentes procesos de contaminación, ya sea por vertidos urbanos e industriales, los cuales a través de su circulación y uso afectan a sistemas de producción agrícola, a causa de ello la Secretaría Nacional del Agua menciona que el río Cutuchi contiene un alto contenido de coliformes fecales y ausencia de vida.

Estudios que se realizaron por parte del Ministerio del Ambiente señalan que río Cutuchi es considerado como un río muerto por los altos índices de contaminación y así ubicándolo entre los primeros ríos más contaminados del Ecuador, también señalan que los contaminantes son industriales, las aguas servidas de la ciudad, incluso los camales municipales, basándonos en

esta problemática se realizó este proyecto de investigación ya que, en la actualidad no existe una investigación donde se dé a conocer la tendencia de la evolución de la contaminación de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi. Al iniciar con la investigación se examinó fuentes bibliográficas direccionadas al tema que se planteó; como también, se logró ubicar a los entes encargados de la parte ambiental y con ellos se podrá trabajar en este trabajo. Como resultado de esta investigación será de mucho interés para varios sectores o a su vez en las áreas afectada, ya que se podrá visualizar como ha ido cambiando la contaminación en el transcurso de los años. La ventaja teórica estará determinada por una recolección de información que tendrá como finalidad un informe final, que tendrá de gran ayuda como base de consulta. Mientras que la parte práctica, estarán en los conocimientos científicos que serán puestos en práctica socializando con la comunidad con la finalidad de evitar la contaminación ambiental que tanto daño causa. Los beneficiarios directos serán los habitantes del cantón Salcedo y siendo como beneficiarios indirectos a los habitantes del cantón Ambato y la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que podrán utilizar la información lograda.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** Beneficiarios al proyecto

<b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>		<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>			
La ciudad de Salcedo		Universidad Técnica de Cotopaxi		La ciudad de Ambato	
Hombres	27880	Alumnos de primer ciclo en adelante	10500	Hombres	159830
Mujeres	30336	Alumnos de nivelación	1080	Mujeres	170026
Total	58216	Docentes	350	Total	329856
		Funcionarios	182		
		Total	12112	Total	329856

**Fuente:** INEC 2010

## 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según Alberto Crespo el Ecuador está dentro de los países que intentan alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, uno de ellos es garantizar la disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano, sin embargo, el agua contaminada en Ecuador es un problema muy grave, debido al crecimiento poblacional 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 a acabar con la vida acuática.

Muchas provincias de nuestro país se encuentran preocupadas y 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 cobijada por el coloso Cotopaxi, tenemos ríos, lagunas, manantiales que en tiempos no muy lejanos dejaban correr por su cauce aguas limpias y cristalinas que ayudaban a admirar el paisaje que estos ríos presentaban. Según Remigio Galárraga 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 las industrias. Según el diario La Hora en la provincia de Cotopaxi solo el 15% de las industrias tratan sus residuos mientras que el 85% derivan sus descargas directamente al río Cutuchi en el extremo sur del cantón Salcedo. Producto de esta problemática, el río Cutuchi en la ciudad de Latacunga ha venido sufriendo un deterioro ambiental a gran escala, afectando a los organismos y seres vivos que habitan o que dependen de estos sistemas y; por supuesto, a los seres humanos que dependen en forma vital del recurso, y que a la vez son los causantes de la contaminación y degradación de los recursos hídricos, en particular de los ríos. La influencia antrópica que recibe el río Cutuchi se ve reflejada en este debido a las diferentes actividades industriales, agrícolas y de los poblados, tanto urbanos como rurales. En el extremo sur del cantón Latacunga, recibe los vertidos de diferentes tipos de contaminantes por parte de las industrias locales (papel y celulosa, tejidos, curtiembres, conservas, etc.) también las industrias alimenticias o agrícola usan una gran cantidad de agua para su proceso y por ende generan una gran cantidad de agua residual y las descargas del alcantarillado de la ciudad que son vertidos directamente hacia el río y con esto se genera un punto crítico por la recolección de todos los contaminantes arrojados al cuerpo de agua.

## 6. OBJETIVOS:

### 6.1 Objetivo General

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

### 6.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información de monitoreos mensuales y anuales de entidades públicas y privadas mediante la utilización de plantillas, para sistematizar una base sólida de datos.
- Determinar la calidad del agua mensual y anual, mediante la aplicación de los ICAS NSF y CCME para los parámetros: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y fosfatos.
- Realizar una evaluación de la tendencia de contaminación con los datos obtenidos en los ICAS mensuales y generar reportes visuales para un periodo de 2 años (2010-2011).

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

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

<b>Objetivo General:</b> Evaluar las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020.			
<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
<b>Objetivo 1</b> Recolectar datos mensuales de entidades públicas y privadas para posteriormente crear una base sólida de datos.	Identificación de los puntos de estudio. Recolección de información de Fundación Natura, INAMHI/SENAGUA, INAMHI-UTC.	Georreferenciación de los puntos. Base sólida de datos	<b>Técnica bibliográfica</b> Se recolecto datos de las instituciones mencionadas para los diferentes parámetros, georreferenciándolos por medio del programa ArcGIS.

	Completación y corrección de datos.		Se realizó las medidas de resumen; moda, media, mediana, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, para la completación y corrección de datos.
<p><b>Objetivo 2</b></p> <p>Determinar la calidad del agua mensual y anual, mediante la aplicación de los ICAS NSF Y CCME para los parámetros pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y fosfatos</p>	<p>Análisis de los ICAS NSF Y CCME para la obtención de la calidad de agua mensual y anual.</p> <p>Comparación con los rangos de calidad establecidos para cada uno de métodos.</p>	Calidad de agua de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi por cada método establecido.	<p><b>TÉCNICA DE ANALISIS DE DATOS</b></p> <p>Se analizó los datos por medio de la aplicación de fórmulas, ponderaciones, tablas y graficas correspondiente a cada método.</p> <p>Se comparó los resultados obtenidos con las tablas de rangos para cada método.</p>
<p><b>Objetivo 3</b></p> <p>Realizar una evaluación de la tendencia mensual de la contaminación con los datos obtenidos y generar reportes visuales para un periodo de 2 años (2010-2011).</p>	<p>Aplicación del análisis de varianza (ANOVA).</p> <p>Elaboración de tablas resumen.</p> <p>Desarrollo de gráficas resultantes del análisis de tendencia.</p>	<p>Resultado de significancias y no significancias del grado de contaminación.</p> <p>Tablas.</p> <p>Graficas.</p>	<p><b>TÉCNICA DE ANALISIS DE DATOS</b></p> <p>Se realizó el análisis de varianza con los resultados anuales de los diferentes ICAS por medio de la prueba de Tukey 0.05.</p> <p>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</p>

			<p>Spearman's Rho con los resultados mensuales de los diferentes ICAS.</p> <p>Se implementó graficas resultantes del Spearman's Rho, que ayudan a comprobar la disminución y aumento de la contaminación del agua.</p>
--	--	--	--

**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1 Cuenca**

Son espacios territoriales delimitados por un parte agua (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago o el mar. En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (Cotler, Galindo, González, & Pineda, Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión, 2013).

La cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o 'divisoria de aguas' se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río como también se encuentra formado por poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas (Rodríguez, 2006).

La cuenca hidrológica está relacionada con los acuíferos, que se irán recargando en función del estrato geológico y las direcciones de los flujos. Estos dos tipos de flujo (superficial y subterráneo) tienen una relación estrecha y es necesario comprender y estudiar su dinámica de manera interrelacionada (Cotler, y otros, 2013).

### **8.1.1 Partes de la Cuenca**

En función de la dinámica hidrológica se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca (Garrido, José, & Enríquez, 2010).

#### **Cuenca alta**

Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas y en esta zona se forman los primeros escurrimientos (arroyos).

#### **Cuenca media**

Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido y es un área de transporte y erosión.

#### **Cuenca baja o zonas transicionales**

Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como lagos o el mar.

### **8.2 Clasificación de la cuenca**

Dentro de los términos que generalmente se utilizan, para definir e identificar los componentes que identifican las características de cada cuenca tenemos (Ordoñez, 2011):

#### **Cuenca**

Sistema integrado por varios cauces primarios y el conjunto de subcuencas y/o microcuencas.

#### **Subcuenca**

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente (afluentes secundarios).

#### **Microcuenca**

Una microcuenca es toda área que comprende quebradas, y cauces menores en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas.

### **8.3 Agua**

Según la Real Academia Española, el agua proviene del latín aqua es la sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, es líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azul en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro; es parte constituyente de todos los organismos vivos y se encuentra en compuestos naturales (REA, 2020).

El agua es un recurso renovable abundante en la naturaleza que constituye algo más del 70% de la superficie del planeta, se lo encuentra en forma la lluvia, de nieve, de granizo, en ríos, lagos, manantiales, en la capa freática y en los océanos (Peña, 2018).

### **8.4 Agua dulce**

El acceso al agua es un derecho imprescindible, ya que satisface necesidades básicas referidas a la salud y las condiciones de vida de las poblaciones humanas (Hernández, Chamizo, & Mora, 2011).

Aproximadamente el 97% agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos terceras partes se encuentran congeladas en los glaciales y casquetes helados en los polos y altas montañas (Llerena, 2014).

En los últimos 50 años se ha duplicado el consumo de agua dulce en el planeta a causa del aumento de la población, y de la mejora de la calidad de vida y los hábitos asociados en materia de higiene, como consecuencia de ellos, se ha llevado a cabo distintas acciones destinadas a incrementar o redistribuir la cantidad de agua dulce (Arangón, 2010).

### **8.5 Contaminación del agua**

La contaminación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (ríos, mares, cuencas, entre otros) alterando la calidad del agua; las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente (Ministerio del Ambiente Perú, 2016). El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis, los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud (OMS, 2019).

El 72% de los ríos y lagos del mundo están contaminados por vertidos urbanos o industriales, más de la mitad de las enfermedades infecciosas conocidas dependen del agua para su transmisión la contaminación puede tener un origen difuso o puntual, la podemos clasificar en físicas, químicas y biológicas (Astudillo, 2016).

La contaminación de las aguas puede deberse a la presencia de (Soluciones Medioambientales y Aguas, 2015):

**Agentes patógenos:** Son entidades biológicas -bacterias, virus, parásitos u otros organismos- capaces de producir enfermedades en el ser humano, en los animales o en los vegetales. En el caso del agua, estos microbios suelen proceder de los desechos de carácter orgánico que se han vertido en ríos, lagos o embalses sin haber sido tratados previamente.

**Compuestos Químicos orgánicos:** Son aquellas sustancias químicas que contienen carbono y han sido fabricadas por el hombre como el petróleo, la gasolina, los plásticos, los plaguicidas o los detergentes.

**Desechos orgánicos:** Son el conjunto de residuos orgánicos –aceites, grasas, proteínas, entre otros- producidos por los seres humanos o animales. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir, en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en el agua en altas cantidades, generan que la proliferación de bacterias necesarias para su degradación sea mayor y por lo tanto, consuman más oxígeno del debido, causando la muerte de las especies.

**Sustancias químicas inorgánicas:** Se trata de ácidos, sales o metales tóxicos, como el mercurio o el plomo, cuya presencia en el agua en grandes cantidades pueden causar graves daños en los ecosistemas acuáticos, reduciendo la biodiversidad. Proviene de los vertidos domésticos, agrícolas e industriales, que pueden contener distintos compuestos químicos. En ocasiones, son liberados directamente a la atmósfera e incorporados por la lluvia.

**Nutrientes vegetales inorgánicos (nitrógeno y fósforo):** El exceso de nutrientes vegetales puede ocasionar un crecimiento excesivo de las plantas acuáticas. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua y que las plantas necesitan para su desarrollo. Sin embargo, si se encuentran en una cantidad excesiva, pueden producir un crecimiento desmesurado de las algas y otros organismos, modificando las condiciones del medio al necesitar consumir una mayor

cantidad de oxígeno para su desarrollo y provocando el fenómeno que se conoce como eutrofización de las aguas.

**Contaminación térmica:** Se **Sedimentos o materias suspendidas:** Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua y dificultan procesos como la fotosíntesis. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos y los sedimentos que se van acumulando destruyen lugares de alimentación o desove.

**Sustancias radiactivas:** Isótopos radioactivos solubles que pueden estar presentes en el agua, derivados de la energía nuclear y de la actividad de centrales termonucleares, y que son perjudiciales, esto produce cuando aumenta la temperatura del agua de los ríos o embalses a causa de la liberación de agua caliente procedente de centrales de energía o de actividades industriales, provocando la disminución de la capacidad del agua para contener oxígeno, afectando así a la vida de las especies acuáticas.

#### 8.5.1 Fuentes de contaminación

- **Fuentes naturales:** Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera 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 (García, 2002).
- **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 (García, 2002).

#### 8.6 Calidad del agua

Se considera que el agua es de buena calidad cuando esta es saludable y limpia, es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de quienes la consumen (Mancheno & Ramos, 2015). Mientras que es un compuesto muy importante para la vida diaria y como también para la existencia de todos los seres vivos, también, es un solvente universal que se encuentra en la superficie y el agua se encuentra en las superficies y subterráneas (Aguilar & Navarro, 2018).

Para la OMS es un tema que preocupa en países de todo el mundo en vías de desarrollo y desarrollados, por su percusión en la salud de la población. El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le ha

brindado menos atención, el término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como doméstico, riego, recreación e industria (Casilla, 2014). La calidad del agua promueve la condición humana y es un primer nivel de intervención de la salud ambiental a nivel de las unidades familiares (Villena, 2018).

## **8.7 Criterios de calidad de agua**

### **8.7.1 Parámetros físicos y químicos del agua**

#### **Temperatura**

La temperatura afecta cuanto oxígeno puede mantener el agua y que tan rápido se reciclen los nutrientes en un sistema acuático; la temperatura del agua puede aumentarse en lugares de desagüe de plantas industriales e hidroeléctricas o por escorrentía de áreas impermeabilizadas, la contaminación térmica es un problema de algunos ríos (Reascos & Yar, 2010).

#### **pH**

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si esta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ion hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales (Mejía, 2005).

#### **Demanda bioquímica de oxígeno por 5 días**

Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros (Casilla, 2014).

#### **Oxígeno disuelto**

Es aquel que está disuelto en el agua, lográndose por difusión del aire del entorno, la aireación del agua ha caído sobre saltos o rápidos; y como un producto de desecho de la fotosíntesis

(Cueva, 2012). Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad de agua. El papel biológico de esta variable es fundamental porque define la presencia o ausencia potencial de todas las especies acuáticas (Serna, 2018).

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire, del producto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y también podría resultar de la turbulencia en las corrientes debido a que el oxígeno en el aire que queda atrapado bajo el agua en movimiento rápido se disuelve en esta (Laurente, 2015).

### **Fosfatos**

El ion fosfato, en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas. En general no se encuentran en el agua más de 1 ppm, pero pueden llegar a algunas decenas debido al uso de fertilizantes. Puede ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales. No suele determinarse en los análisis de rutina, pero puede hacerse colorimétricamente (Jara, 2015).

### **Nitratos**

Son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno, se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, la concentración de nitratos en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (Igrudo, 2015).

### **Turbidez**

Es originada por la presencia de partículas en suspensión o coloides en el agua, la existencia de estos materiales suspendidos es indicativo de calidad en el agua. La contaminación puede deberse a la presencia de microorganismos o de sustancias de carácter inorgánico que se encuentran finamente divididas de materiales como: arena, fango, arcilla que entran en contacto con el agua o de materiales orgánicos, la turbidez es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia de materiales suspendidos coloidales y/o particulados (Flores & Machuca, 2017).

## **Sólidos totales**

Los sólidos totales afectan negativamente la calidad del agua por ello el análisis de estos es de vital importancia en el proceso de tratamiento de aguas residuales y a su vez hallarlos nos ayuda a evaluar el cumplimiento de las normas que regulan su vertimiento (Sanchez, 2019).

El término sólidos en general son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad de cualquier tipo de agua de varias maneras también es importante recalcar que el nivel de sólidos puede ser crucial en el análisis de las limitaciones de algunos sistemas de tratamiento (Pasántez, 2014).

### **8.7.2 Parámetros microbiológicos del agua**

Los microorganismos y de sus actividades se realiza por medio de la microbiología, que significa: micros: pequeño y logos: vida. En la ingeniería ambiental, lo que se busca son los microorganismos relacionados con el agua, el agua residual, el aire y el suelo; además, que sean capaces de perjudicar la salud pública, así como la descomposición orgánica, o desempeñar una función útil en los sistemas de tratamiento. En cualquier lugar donde se presenten las condiciones óptimas de humedad, temperatura y alimento para el desarrollo de los microorganismos, un sitio idóneo para que se dé el desarrollo son las aguas residuales (Vargas, 2010).

### **Coliformes Totales y Fecales**

Son indicadores útiles de contaminación microbiana porque muchos de ellos habitan en grandes cantidades el tracto intestinal del hombre y de otros animales de sangre caliente (Hernández & López, 2017).

Los coliformes fecales también conocidos como coliformes termo tolerantes, llamados así porque soporta temperatura hasta de 45 °C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Carrillo & Lozano, 2008).

Los coliformes totales se consideran indicadores de contaminación y también indicadores de la condición higiénica de los alimentos. La presencia de estas bacterias en los alimentos indica que no han obtenido un tratamiento térmico adecuado y/o una contaminación posterior al tratamiento, por este motivo se recomienda cumplir con las buenas prácticas de manufactura (Galarza, 2018).

## **8.8 Índices de calidad de agua**

Un índice de calidad de agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de número de parámetros que caracterizan la calidad del agua, su ventaja radica en que puede ser más fácilmente interpretado que una lista de valores numéricos (Valcarcel, Alberro, & Frías, 2009).

Los índices de calidad de agua (ICA) manifiestan el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100% (Guillén, Kohlmann, & Yeomans, 2012).

El valor del ICA permite clasificar el recurso a partir de rangos establecidos que son definidos considerando el o los usos a evaluar. Las categorías, esquemas o escalas de clasificación, son un punto de igual o mayor interés que el cálculo en sí del índice, pues es aquí donde finalmente el valor obtenido es transformado en una característica que define la calidad final del agua (Moreno & Roger, 2015).

### **8.8.1 Índice de calidad NSF**

El ICA-NSF fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional, que surge en los años 70 y en la actualidad es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de abastecimiento y muchos países del mundo, la Comunidad Europea elaboró el índice universal de la calidad del agua (UWQI) tomando muestras de aguas superficiales como fuente de agua potable (Bobadilla, 2016).

El ICA - NSF está constituida por ocho variables fisicoquímicas y un elemento biótico (coliformes fecales), aunque la estimación está orientada al empleo de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Siendo importante considerar que el índice se puede modificar y adaptar de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cada sistema acuático en particular (Gonzalez, Caicedo, & Aguirre, 2013).

### **8.8.2 Índice de calidad del consejo canadiense del ministerio del ambiente (CCME)**

En Canadá, el Canadian Council of Ministers of the Environment desarrolló un ICA orientado inicialmente a la evaluación de la calidad ecológica de las aguas basado en la comparación de los valores de cada parámetro con un punto de referencia, el cual generalmente es obtenido de una norma o guía de calidad del agua; dada su flexibilidad en los parámetros y el uso de

directrices para protección de la vida acuática que emplea, el índice permite evaluar la calidad de las aguas destinadas a consumo humano (Moreno & Roger, 2015).

Los índices CCME - WQI presentan estructuras de cálculo que permiten una evaluación más amplia e integral de la calidad del agua, ya que consideran la variación en el tiempo y en el espacio y permiten la comparación de los parámetros que los conforman con la normatividad vigente de acuerdo con el uso evaluado, lo cual puede favorecer la evaluación de fuentes con amplias variaciones de calidad en el tiempo y facilitar su aplicación a las condiciones particulares de una región o país (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

Este índice se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud. El alcance (F1) define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas. La frecuencia (F2) se halla por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas. Mientras la amplitud es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral (Balmaseda & Gracia, 2014).

La principal diferencia entre unos y otros índices está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

La diferencia entre los ICAs utilizados se debe al número de parámetros incluidos, a los pesos que se asignan y la clasificación por rangos que determinan la calidad de agua. El índice NSF fue elegido por los parámetros establecidos para calcular la calidad de agua como también el método CCME por su flexibilidad de parámetros que se puedan añadir ya que no cuenta con un número de parámetros establecidos.

## **8.9 Río Cutuchi**

El río Cutuchi es parte de la cuenca del río Pastaza, gran parte de la provincia de Cotopaxi y una parte de Tungurahua se encuentra atravesada por el río Cutuchi, el cual nace en el lado occidental del volcán Cotopaxi, llagando hasta el cantón Pillaro, tiene un área de cuenca de 2677 km<sup>2</sup> y una longitud de 60 km aproximadamente (Bustamante, 2012).

Las aguas del río Cutuchi, provincia de Cotopaxi, Ecuador, están altamente contaminadas, ya que en todo su cauce desde el sector de Laso recibe efluentes de aguas servidas, fábricas,

establos, hospitales, mataderos, entre otros, sin ningún tratamiento previo, para luego formar el canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga (Pozo & Velasteguí, 2012).

El problema de la contaminación de Río Cutuchi no es reciente y muchas autoridades que han estado en el poder local e inclusive nacional han hecho declaraciones sobre planes y medidas para descontaminarlo, pero que en la práctica no se han concretado (Garay, 2018). La mayor fuente de contaminación del Río Cutuchi son las descargas del sistema de alcantarillado sanitario que provienen de la ciudad de Latacunga y representan el 80% de la contaminación, mientras las descargas del sector industrial equivalen al 20% (MAE).

El río Cutuchi alimenta el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato tiene una longitud de 36,829 km, estas aguas son usadas para regar un número considerable de hectáreas de terrenos en la provincia de Cotopaxi y parte de Tungurahua. Los factores contaminantes del canal son las aguas servidas de las ciudades asentadas a lo largo de la cuenca alta del río, los efluentes de las industrias que se encuentran en los márgenes del río, los plaguicidas utilizados en las labores agrícolas de la cuenca alta, cuya calidad del agua es inadecuada para todos los usos, los parámetros fisicoquímicos del agua afectan la producción de hortalizas, la reducción del rendimiento está entre el 25 al 30 % (Reinoso, 2016).

### **8.10 Análisis exploratorio de datos**

El Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D.) es un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. Para conseguir este objetivo el A.E.D. proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño y recogida de los mismos, tratamiento y evaluación de datos ausentes, identificación de casos atípicos y comprobación de los supuestos subyacentes en la mayor parte de las técnicas multivariantes (Figuroa & Gallardo, 2003).

El análisis exploratorio permite detectar problemas de representatividad en el muestreo, describir la existencia de dependencia espacial en los datos, ajustar un modelo de representación de esta dependencia y estimar el error asociado antes de aplicar un algoritmo de interpolación espacial. (Miranda & Condal, 2003). El Análisis Exploratorio de Datos (AED), desarrollado para maximizar la comprensión de un conjunto de datos, revelar estructuras ocultas dentro de los datos, extraer variables importantes, descubrir casos atípicos o anomalías, comprobar

suposiciones, desarrollar modelos ahorradores y determinar composiciones óptimas de factores (Gunter & Gento, 2018).

## **8.11 Medidas de resumen**

### **8.11.1 Medidas posicionales**

#### **Media**

La media es un concepto estadístico básico que representa en un valor las características que presenta una variable de un conjunto de datos, y solo puede usarse con variables cuantitativas. La media puede considerarse un concepto base para la comprensión de variable aleatoria y sus distribuciones, ya que la distribución se caracteriza principalmente por las medidas de tendencia central y de dispersión, siendo frecuentemente la media uno de los parámetros de las distribuciones (Estrella, 2016).

#### **Mediana**

La mediana de una variable  $X$  corresponde con el valor central de un conjunto de  $n$  observaciones de la variable  $X$  ordenadas según su magnitud. La expresión matemática para el cálculo de la mediana depende del número total de observaciones. (Porrás, 2019). La mediana de un conjunto de datos es el valor que se ubica en el centro de ese conjunto. Si un conjunto está constituido por un número impar de datos, la mediana es el valor que se ubica en el centro cuando los datos se ordenan de menor a mayor (Maén, 2009).

#### **Moda**

Es el valor de la variable que tiene la mayor frecuencia absoluta, si una distribución de datos tiene dos modas, decimos que es una distribución bimodal. Si tiene más de dos modas decimos que es multimodal. En algunos casos puede no haber moda (Perdomo, 2016).

La moda se define como aquel valor de la variable cuya frecuencia no es superada por la frecuencia de ningún valor; esta definición corresponde a la denominada moda absoluta, la moda relativa se define como el valor de la variable cuya frecuencia no es superada por la de sus valores contiguos (Hernández Z. , 2012).

### **8.11.2 Medidas de dispersión o escala**

#### **Desviación estándar.**

La desviación estándar permite entender fácilmente la dispersión de las observaciones, pero al ser un valor único no puede describir adecuadamente a las curvas asimétricas (Osada, Rojas, & Vidal, 2012). Permitiría conocer el nivel de variabilidad que presentan las preferencias hacia un bien o servicio, medido a través de la DAP, de una determinada muestra de estudio (Ledesma & Alarcón, 2016).

#### **Varianza**

Indica fundamentalmente la variación de individuos dentro de la misma muestra y considera la variación de las medias muestrales con el fin de estudio de diferencias a cierta probabilidad (Meza, Barrientos, Rodríguez, & Reyes, 2010).

#### **Coefficiente de variación**

Coefficiente de variación, que es el cociente entre la desviación estándar y la media, y que permite comparar la dispersión de variables sin importar la escala de medición en las que originalmente fueron tomados los datos (Nuñez & Barrientos, 2006).

#### **Rango**

Es la amplitud entre la observación más grande y la menor se expresa como un número, no se debe confundir con el intervalo o la clase que son los límites inferior y superior (Acoltzin, 2014).

## **8.12 Análisis estadístico**

### **8.12.1 Diseño completo al azar**

Un diseño experimental es una representación de cómo llevar a cabo un experimento. La finalidad de los diseños experimentales reside en determinar si existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en caso que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia (Castillo, Villalpando, & Wong, 2007).

#### **Análisis de varianza (ANOVA)**

El análisis de la varianza (ANOVA) es una potente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos, el análisis de varianza de un factor es un prueba estadística para

analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas. La comparación entre variables se realiza con una variable independiente de tipo categórica (nominal o razón) y una variable dependiente con un nivel de medición por intervalos o razón (Juárez, 2015).

La técnica de análisis de varianza (ANOVA) también conocida como análisis factorial y desarrollada por Fisher en 1930, constituye la herramienta básica para el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua (Amat, 2016).

### **Pruebas de comprobación múltiple**

Si un Análisis de Varianza resulta significativo, implica que al menos dos de las medias comparadas son significativamente distintas entre sí, pero no se indica cuáles. Para identificarlas hay que comparar dos a dos las medias de todos los grupos introducidos en el análisis mediante un *t-test* u otro test que compare 2 grupos, a esto se le conoce como análisis post-hoc. Debido a la inflación del error de tipo I, cuantas más comparaciones se hagan más aumenta la probabilidad de encontrar diferencias significativas (para  $\alpha = 0.05$ , de cada 100 comparaciones se esperan 5 significativas solo por azar) (Amat, 2016).

### **Prueba de Turkey**

La prueba de Tukey es similar a una prueba t de student en cuanto a que se calcula una única diferencia crítica para realizar todas las comparaciones entre las medias; sin embargo, es también similar a la prueba de Duncan y de Newman-Keuls en cuanto a que el valor de esta diferencia crítica depende del número de comparaciones que se haga. Una desventaja de la prueba de Tukey es que es la más inconsistente de entre las pruebas para realizar comparaciones múltiples. Esto significa que su veredicto cambiará de experimento aun cuando no cambien las diferencias entre tratamientos, los grados de libertad ó el cuadrado medio del error (Fallas, 2012).

### **8.12.2 Análís de tendencia.**

#### **Tendencia de contaminación del recurso hídrico**

El análisis de tendencia ayuda a entender los cambios que experimentan una variable, especial y/o temporalmente, el análisis se realiza para detectar si el parámetro ha disminuido o

aumentado dentro del periodo de estudio, esto se realiza mediante la recopilación de parámetros principales como físico, químicos y biológicos (Guzmán G. , y otros, 2011).

### **Prueba Rho de Spearman:**

Es un método de correlación de rangos, utilizado para valorar la asociación entre variables cuantitativas, aplicado se el método de análisis documental, el coeficiente de correlación mide el grado de asociación entre dos cantidades, pero no mira el nivel de acuerdo o concordancia. Si los instrumentos de medida miden sistemáticamente cantidades diferentes uno del otro, la correlación puede ser 1 y su concordancia ser nula; el coeficiente de correlación de Spearman es recomendable utilizarlo cuando los datos presentan valores extremos, ya que dichos valores afectan mucho el coeficiente de correlación (Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Cánovas, 2009).

### **Prueba de Mann Kendall:**

El test consiste básicamente en la comparación entre los valores que componen una misma serie temporal, en orden secuencial, también considera la hipótesis de estabilidad de la serie temporal siendo así, la sucesión de valores de la serie temporal denota deformación independiente y la distribución (Alencar de Silva & Silva, 2017). También determina si hay o no tendencia en una serie temporal (Lozada & Barboza, 2007).

## **8.13 Programas informáticos**

### **8.13.1 ArcGIS**

Es un software donde se visualiza y explora los sistemas de información geográfico de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar, es también representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes son el marco de datos, que contiene las capas de mapa para una extensión determinad, más la barra de escala, la flecha de norte, el título, texto descriptivo, una leyenda de símbolos, etc (Esri).

### **8.13.2 InfoStat**

Es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. 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. Una de sus fortalezas es la sencillez de su interfaz combinada

con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos. Debido al origen universitario, el programa tiene muchas facilidades para la enseñanza de la estadística que no son fáciles de encontrar en otros programas similares. La versión en español es muy valorada por los usuarios, especialmente por los estudiantes (InfoStat, 2020).

### **8.13.3 TREND**

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

### **8.13.4 Calculating NSF Water Quality Index (WQI)**

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

## **8.14 Marco legal**

### **8.14.1 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 artículos de su contenido, que se detallan a continuación (CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR, 2008):

- El Artículo 3, numeral 7, establece como un deber primordial del Estado el “Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.
- El Artículo 12, señala “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.
- El Artículo 14, Sección Segunda, reconoce el “Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los

ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

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

#### **8.14.2 Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (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 del 4 de noviembre del 2015. VI. Este texto está conformado por nueve libros: Libro I De la Autoridad Ambiental, Libro II De la Gestión Ambiental, Libro III Del Régimen Forestal, Libro IV De la Biodiversidad, Libro V De los Recursos Costeros, Libro VI De la Calidad Ambiental, Libro VII del Régimen Especial Galápagos, Libro VIII Del ECORAE y Libro IX Del Sistema de Derechos o Tasas, que han sido objeto de varias reformas emitidas por medio de acuerdos ministeriales del MAE, en función de la dinámica de la gestión ambiental en el país, el nuevo marco regulatorio planteado por la Constitución, desde su emisión, y los avances a nivel internacional, tanto en materia de investigación como en requerimientos legales, que actualmente se presentan para poder ejecutar de mejor forma las actividades que implican los diferentes proyectos de desarrollo (TULSMA, 2015).

### **3. Principios Básicos.**

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

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

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

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

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

#### **8.14.3 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (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.

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

#### **8.14.4 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamientos del agua**

**Art. 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.

**Art. 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.

**Art. 18** Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

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

**Art. 33** Ámbito y modalidades de la gestión de los recursos hídricos.

La gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la

disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el control, conocimiento y sanción de las infracciones.

**Art. 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 la prueba estadística no estacional de Sperman's Rho?

Si es posible realizar la prueba de tendencia con la utilización de Sperman's Rho, ya que, teniendo datos continuos de un periodo se logró identificar que el agua ha ido variando su contaminación, teniendo en un punto que ha ido en aumento, como en otro punto su contaminación ha ido disminuyendo al pasar los años, pero sin embargo es necesario utilizar más datos para que los resultados de tendencia sean más exactos.

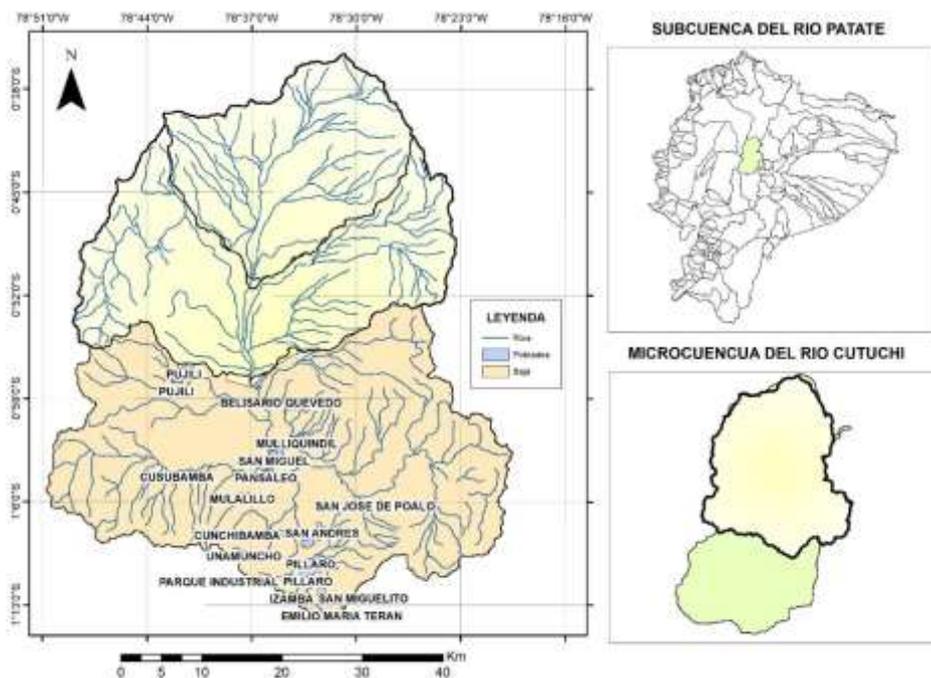
## **10. METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL**

### **10.1 Área de estudio**

La microcuenca del río Cutuchi cubre la parte norte de la cuenca del río Pastaza y la subcuenca del río Patate. Políticamente corresponde en gran parte a la provincia de Cotopaxi y una pequeña parte de la provincia de Tungurahua (Figura 1), con un área de 26.68ha, se localiza en la zona central del Ecuador, emplazada en la región interandina, conformado parte de los Andes ecuatorianos (Pacheco, 2007). La parte baja de la microcuenca se encuentra ubicada desde la

salida de Latacunga (al sur) hasta llegar al cantón Ambato en la unión con el río del mismo nombre con una temperatura ambiente que se encuentra entre 12 y 20 °C y una precipitación media anual de 664,5 mm (Bustamante, 2012). La estación hidrométrica H0792 registra un caudal de 11.15 m<sup>3</sup>/s, el río Cutuchi nace desde el volcán Cotopaxi a 5897 msnm hasta los 2247 msnm, recorriendo de norte a sur, atravesando poblados, industrias y centros cantonales, en su mayoría los cantones desfogan sus aguas servidas directamente sin un previo tratamiento, (Gutierrez, 2010). La economía del cantón Latacunga se sustenta en la agricultura, industria y la floricultura, teniendo el mayor número de habitantes (GAD Latacunga, 2019), mientras el cantón Salcedo la principal actividad es la agricultura y ganadería (GAD Salcedo, 2015), los dos cantones señalan problemas de contaminación de aguas servidas domesticas e industriales y el uso de agroquímicos especialmente en el sector rural.

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



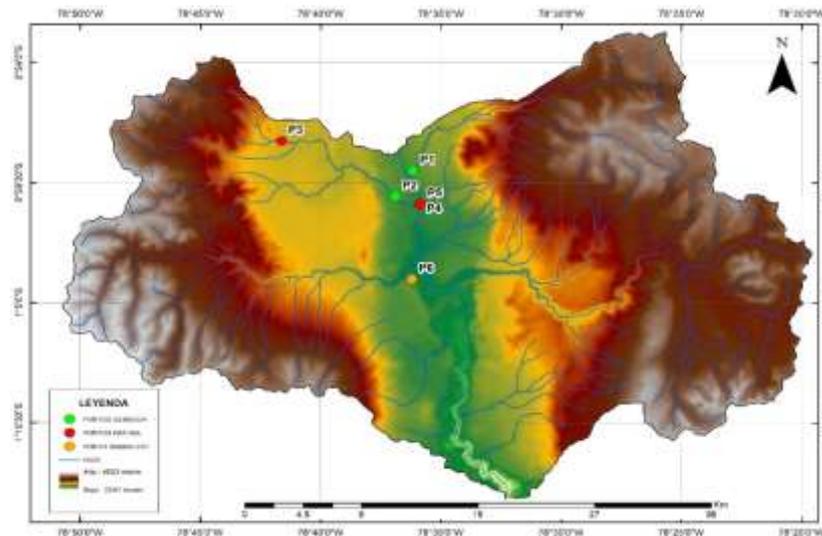
**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020.

## 10.2 Datos

Se recopiló informaciones de distintas instituciones y varios periodos; ubicadas a lo largo de la microcuenca, parte baja. Se seleccionó 6 puntos (ver figura 2), que corresponden a las instituciones del INAMHI-SENAGUA, Fundación Natura e INAMHI-UTC. Se recolecto datos de la institución INAMHI-SENAGUA para dos periodos 2012 y 2013 en dos puntos que se encuentran a lo largo del río Cutuchi y sus afluentes, (ver figura 2). El punto 3 correspondiente a la Fundación Natura se ubica en el río Pujilí cerca de la cabecera cantonal del mismo nombre,

el siguiente punto número 4 se ubica en el río Isinche en el sector de Tiobamba la universidad y como siguiente punto 5 se encuentra en el río Cutuchi en el mismo sector (ver tabla 1). Los datos recolectados corresponden a las dos épocas del año, lluviosa (diciembre a mayo) y seca (junio a noviembre). Además, se trabajó con datos de la red de puntos de calidad de agua INAMHI y SENAGUA, el punto número 1 (ver figura 2) se ubican en los ríos Illuchi y el punto 2 que se ubica en el río Isinche. En el río Illuchi la fecha de recolección fue en el mes de febrero del año 2012, en el sector del mismo nombre, que corresponde a la época lluviosa. Mientras que el punto 2 del río Isinche la fecha de recolección fue en febrero del 2013 en el sector de Salache, correspondiendo a la época lluviosa. También, se utilizó los datos de la estación hidrométrica H792 (punto 6) que se encuentra ubicada en la parroquia de Panzaleo correspondiendo al cantón Salcedo, en el río Cutuchi, que se obtuvieron datos de los años 2011 hasta el 2015 y de septiembre del 2019 hasta enero del 2020, correspondiendo a dos épocas del año seca y lluviosa.

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



**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020.

Los parámetros seleccionados para el estudio fueron: pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, DBO5, oxígeno disuelto, coliformes fecales y fosfato total correspondiente a un periodo de 1 año (2012 - 2013) para los puntos de INAMHI-SENAGUA, Fundación Natura 2 años (2010 y 2011) y para el punto INAMHI-UTC 7 años (2011 hasta 2015 y 2019 hasta 2020).

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

Puntos	Ubicación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Periodo
		Longitud (X)	Latitud (Y)		
P 1	Río Illuchi	78°36'10''W	0°58'55''S	2718	2012
P 2	Río Isinche-Salache	78°36'53''W	1°00'06''S	2711	2013
P 3	Río Pujilí-salida de la ciudad	78°41'38''W	0°57'33''S	2938	2010-2011
P 4	Río Isinche-sector Rumipamba la universidad	78°35'53''W	1°00'26''S	2680	2010-2011
P 5	Río Cutuchi - sector Rumipamba la universidad	78°35'51''W	1°00'26''S	2680	2010-2011
P 6	Río Cutuchi-sector Panzaleo	78°36'13''W	1°03'53''S	2582	2011-2012- 2013-2014- 2015-2019- 2020

**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020.

### 10.3 Análisis Exploratorio de Datos (AED)

El análisis exploratorio de datos, se desarrolló para maximizar la comprensión de un conjunto de datos, revelar valores atípicos o anormales, ocultos dentro de los datos, extraer variables importantes y para determinar composiciones óptimas de factores (Gunter & Gento, 2018). Se realizó el AED con la finalidad de organizar, identificar tipos de datos, examinar y evaluar posibles errores en los datos pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, 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 (simetría). Para realizar este procedimiento se utilizó el software estadístico InfoStat. Estés software realiza diversos análisis estadísticos sobre una tabla de datos activos, la selección del tipo de análisis se realizó desde el menú estadísticas donde cada procedimiento que se realiza tiene como salida el resultado del proceso (InfoStat, 2008).

- Media

$$\bar{x} = \left( \frac{\sum x_i}{n} \right)$$

Dónde:  $x_i$  = son los datos

n= el número de datos que se suman

- Mediana

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

Dónde:  $L_{\text{inf}}$  = Límite inferior de la clase donde se encuentra la mediana.

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

$F_a$  = la frecuencia acumulada anterior a la clase mediana.

$f$  = La frecuencia absoluta del intervalo mediano.

$C_r$  = Amplitud de los intervalos

- Moda (Mo)

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

Dónde:  $L_{\text{inf}}$  = Extremo inferior del intervalo modal

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

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

$C_r$  = Amplitud de los intervalos.

- Desviación estándar

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

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

$\bar{x}$  = media de las observaciones

$n$  = número de observaciones presentes

- Varianza

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

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

$\bar{x}$  = media de las observaciones

$n$  = número de observaciones presentes

- Coeficiente de variación

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

Dónde: S= desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$ = media de las observaciones

## 10.4 Índices de calidad de agua

Los índices de calidad de agua se calcularon mensualmente como también anualmente para cada uno de los puntos señalados anteriormente y sus valores se representan gráficamente (ver figura 2).

### 10.4.1 ICA NSF

Uno de los índices de calidad de agua que se utilizó fue el NSF en sus siglas en inglés, que está formado por ocho variables fisicoquímicas y un elemento biótico que corresponde a coliformes fecales, fue creada en 1970 y en la actualidad es una de las más utilizadas para medir la calidad del agua (González, Caicedo, & Aguirre, 2013). Su cálculo se determinó mediante la ecuación del promedio geométrico:

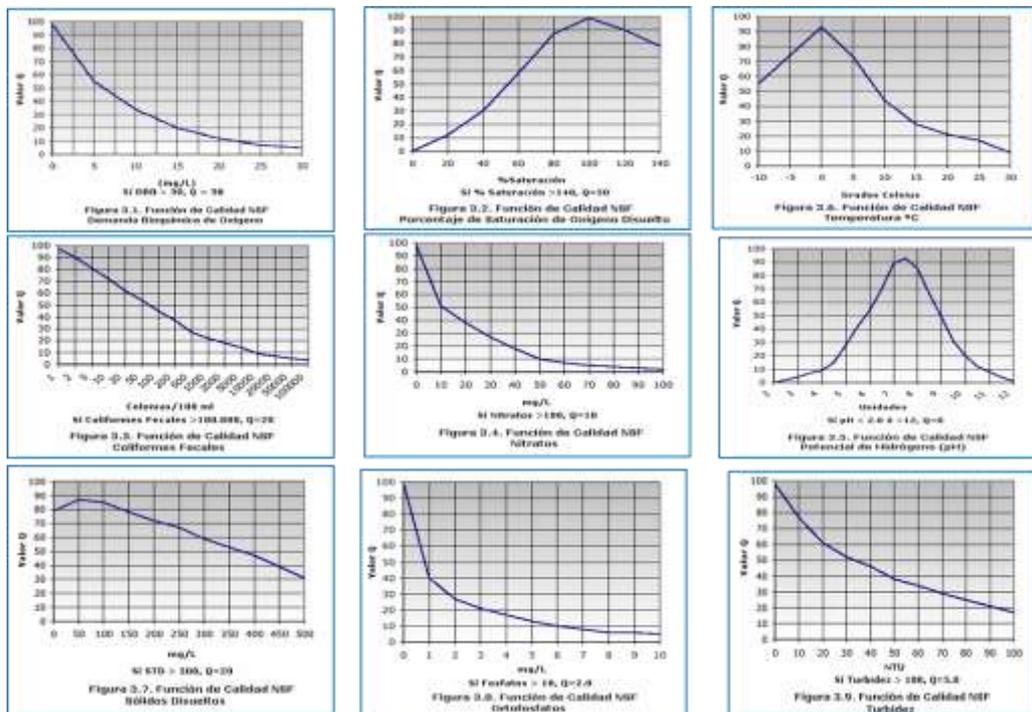
$$ICA = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

donde  $i$  es cada uno de los parámetros de calidad elegidos,  $I_i$  el subíndice del parámetro  $i$  que se encuentra entre 0 y 100 mientras que  $W_i$  es el peso relativo asignado a cada parámetro  $I_i$  y ponderados entre 0 y 100, de tal forma que se cumple que la sumatoria sea igual a 100 (Carrillo & Urgilés, 2016). Para el método se utilizaron nueve parámetros entre físico químicos y microbiológicos como pH, demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales, turbidez, cambio de temperatura y coliformes fecales.

## Curvas de funciones

Al obtener nueve parámetros en diferentes unidades, se utiliza las curvas conocidas como Curvas de Función, que representan una escala de calificación por cada contaminante, en la cual se establecen una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación, las ecuaciones son las siguientes (Altamirano, 2013).

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



Fuente: (Laurente, 2015)

## Calculo modelo del subíndice QDBO5

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

$$Q_{DBO5} = (1,8677 \times 10^{-4})(DBO)^4 - (1,6615 \times 10^{-2})(DBO)^3 + (5,9636 \times 10^{-1})(DBO)^2 - (1,1152 \times 10^{-1})(DBO) + 1,0019 \times 10^2$$

## Cálculo modelo del subíndice Qi del %OD

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

$$Q_{\%OD} = (3,1615 \times 10^{-8})(OD\%)^5 - (1,0304 \times 10^{-5})(OD\%)^4 + (1,0076 \times 10^{-3})(OD\%)^3 - (2,7883 \times 10^{-2})(OD\%)^2 + (8,4068 \times 10^{-1})(OD\%) - 1,6120 \times 10^{-1}$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi de coliformes fecales

Condición, si coliformes fecales  $\geq 100000$ ;  $Q_{coli} = 20$

$$InQ_{coli} = -0,0152(InC)^2 - 0,1063(InC) + 4,5922$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi de Nitratos

Condición, si Nitratos  $\geq 100$ ;  $Q_{NO_3} = 1$

$$Q_{NO_3} = (3,5603 \times 10^{-9})(NO_3)^6 - (1,2183 \times 10^{-6})(NO_3)^5 + (1,6238 \times 10^{-4})(NO_3)^4 - (1,0693 \times 10^{-2})(NO_3)^3 + (3,7304 \times 10^{-1})(NO_3)^2 - (7,5210 \times 10)(NO_3)^{-1} + 1,0095 \times 10^2$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi del pH

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

$$Q_{pH} = (-1,11429)pH^4 + (44,50952pH^3) - (656,60000)pH^2 + (4215,34762pH) - 9840,14286$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi de Temperatura

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

$$Q_{\Delta T} = (1,9619 \times 10^{-6})(\Delta T)^6 - (1,3964 \times 10^{-4})(\Delta T)^5 + (2,5908 \times 10^{-3})(\Delta T)^4 + (1,5398 \times 10^{-2})(\Delta T)^3 - (6,7925 \times 10^{-1})(\Delta T)^2 - (6,7204 \times 10^{-1})(\Delta T)^1 + 9,0392 \times 10^1$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi de sólidos totales disueltos

$$Q_{STD} = (-4,4289 \times 10^{-9})(STD)^4 + (4,650 \times 10^{-6})(STD)^3 - (1,9591 \times 10^{-3})(STD)^2 + (1,897 \times 10^{-1})(STD) + 8,0608 \times 10^1$$

### Cálculo modelo del subíndice de fosfatos

Condición, si fosfato  $> 10$ ;  $Q_{PO_4^{3-}} = 20$

$$Q_{PO_4^{3-}} = (4,67320 \times 10^{-3})(PO_4^{3-})^6 - (41,61670 \times 10^{-1})(PO_4^{3-})^5 + (2,20595)(PO_4^{3-})^4 - (1,50504 \times 10^1)(PO_4^{3-})^3 + (5,38893 \times 10^1)(PO_4^{3-})^2 - (9,98933 \times 10^1)(PO_4^{3-})^1$$

### Cálculo modelo del subíndice Qi de turbiedad

Condición, si turbiedad  $z > 100$ ;  $Q_{turbiedad} = 5$

$$Q_{Turb} = (1,8939 \times 10^{-6})(Turb)^4 - (4,9942 \times 10^{-4})(Turb)^3 + (4,9181 \times 10^{-2})(Turb)^2 - (2,6284)(Turb)^1 + 9,8098 \times 10^1$$

Con los subíndices de cada parámetro por cada punto, se procede a realizar el cálculo del índice de calidad del agua con la ecuación del promedio geométrico, utilizando factores de ponderación de cada parámetro establecidos, los que se muestran en la tabla 2 y posteriormente clasificar la calidad del agua de acuerdo a los rangos establecidos por el método NSF (ver tabla 3).

**Tabla 4.** Pesos asignados a los parámetros según NSF

Parámetro	Unidades	Factor de ponderación WI
Oxígeno disuelto (OD)	%	0,17
Coliformes fecales	#/100ml	0,16
BDO5	mg/l	0,11
Temperatura	°C	0,1
Fosfatos totales	mg/l	0,1
Nitratos	mg/l	0,1
Turbidez	NTU	0,08
Solidos Totales Disueltos	mg/l	0,07
pH	unidades	0,11

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

### Clasificación de la calidad del agua NSF

El agua que se encuentra en un rango de 90 a 100, se considera como excelente calidad, se puede tener una alta diversidad de la vida acuática; un rango de 70 a 89, se considera como buena calidad aunque para su consumo se necesita una purificación; de 50 a 69, se encuentra el agua de media calidad, aquí se tiene una menor diversidad de organismos acuáticos; rango de 25 a 49 de mala calidad, requiere un tratamiento y finalmente el agua con un ICA NSF de 0 a 24 se considera como pésima, es inaceptable para cualquier clase de contacto.

**TABLA 5.** Categorías del índice de calidad de agua NSF

Calidad de agua	Rango
Excelente	90 a 100
Buena	70 a 89
Regular	50 a 69
Mala	25 a 49
Muy Mala	0 a 24

Fuente (Water Research Center, 2014)

#### 10.4.2 ICA CCME

El índice de calidad de agua del consejo canadiense de ministros de medio ambiente o también llamada CCME\_WQI fue diseñado para valorar aguas para riego como también para consumo humano respectivamente, en ambos casos el índice fue modificado y calcularon subíndices por grupos de parámetros seleccionados, que luego permitieron calcular una valoración global, de esa forma es posible determinar y comunicar más fácilmente que variable son las que más influyen en la calidad del agua (Guzmán C. , y otros, 2011). Este método se utilizó por su flexibilidad para la selección de parámetros, así como por la posibilidad que brinda en la modificación de los requisitos que se reunió para cada variable. Ya que fue desarrollado para simplificar el reporte de los datos de calidad de agua, ya que es una herramienta para generar resúmenes de los datos de calidad (Balmaseda & García, 2014).

Este índice se determinó en tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud.

El alcen ( $F_1$ ), define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se evaluó respecto al total de variables consideradas.

$$F_1 = \frac{\text{\#de variables fuera del rango}}{\text{Total de variables}} * 100$$

La frecuencia ( $F_2$ ), se encuentra por la relación entre la cantidad de los valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas.

$$F_2 = \frac{\text{\# de datos fuera del rango}}{\text{Total de datos}} * 100$$

La amplitud ( $F_3$ ), es la medida de la desviación que existe en los datos, que se determina por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango y al compararlo con su umbral.

$$F_3 = \left( \frac{nse}{0,01(nse) + 0,01} \right) * 100$$

$$nse = \frac{\Sigma \text{Excursión}}{\text{Total de datos}}$$

$$\text{Excursión} = \left( \frac{\text{Valor excedido del rango}}{\text{rango}} \right) - 1$$

Finalmente se halla el valor del Índice de calidad del agua canadiense de ministros de medio ambiente de calidad del agua, con la siguiente ecuación.

$$\text{CCME\_WQI} = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

Para el cálculo de la calidad del agua y su evaluación se empleó la herramienta de Excel, para ayudar a dividir por periodos y componentes, con sus respectivos datos y sus límites máximos permisibles según las diferentes tables de los organismos como lo es el TULSMA, FAO y la ONU; como último paso se emplearon los criterios de la Tabla 4 para la clasificación de categorías de la calidad de agua el índice CCME\_WQI.

### **Clasificación de la calidad de agua CCME\_WQI**

La mayor ventaja de este índice de calidad de agua con respecto a la clasificación consiste en que, al estar valorizada directamente afectada por los objetivos de calidad previamente fijados. Donde para encontrarse dentro del rango de la escala de excelente su puntuación debe encontrarse de 95 – 100, esto significa que, el agua se encuentra protegida con una ausencia práctica de amenaza o deterioro; de rango 80-94 se encuentra en buena calidad, esto quiere decir que, está protegida con un grado menor de amenaza o deterioro; de 65-79 se encuentra dentro de la categoría razonable que es cuando usualmente está protegida pero ocasionalmente amenazada o deteriorada; la calidad de marginal se encuentra en el rango 45-64 donde, el agua

se encuentra frecuentemente amenazada o dañada mientras que, el rango de 0-44 es pobre, porque aquí la calidad está casi siempre amenazada o dañada.

**Tabla 6.** Categorías del índice de calidad de agua CCME\_WQI

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

**Fuente:** (Torres C. , 2018)

La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

## 10.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para la calidad del agua mensual, estacional y anual en cada punto, donde se logró comparar los tratamientos, además también, se realizó la prueba de medias por Tukey al 0.05.

### 10.5.1 Diseño completamente al azar

Se utilizó el DCA para comparar dos o más tratamientos, dado que se consideró dos fuentes de variabilidad los tratamientos y las repeticiones por cada método utilizado.

- **ANOVA**

El análisis de varianza (ANOVA), es una técnica que tiene como objetivo probar las hipótesis de los tratamientos con respecto a la media que se estudian (Gutiérrez & De La Vara, 2008). Además, las medias que se determina tienen que provenir de mediciones sobre muestras independientes. Mientras que, con el propósito de comprobar la distribución normal de los datos se procedió a realizar el análisis de varianza (Bermúdez, 2016). Si el ANOVA se utiliza para datos de un solo factor como en este documento, es analizar si existe una significancia del factor

o tratamiento en estudio. Si no hay una significancia, un análisis posterior es innecesario. Si en el análisis de ANOVA de un factor nos permitiera ver que existió una significancia de los tratamientos entonces, sabremos que existe diferencias significativas entre los tratamientos utilizados (Jiménez, António, González, & Fuentes, 2015). Por el contrario, si el promedio tiende a variar su resultado se realiza pruebas adicionales de análisis de varianza para identificar con suficiente aproximación las variables críticas que definieran el modelo de tratamiento de variabilidad y sea viable determinar (Gras, 2010).

#### ▪ **Pruebas de comparaciones múltiples**

Existe una diversidad de pruebas de comparaciones múltiples, como Dunnet, Duncan, Tukey, Newman-Keuls y Scheffé. Una vez obtenido los resultados del ANOVA de medias se procede a aplicar una prueba de comparación múltiple con cualquier prueba ya mencionado, pero al aplicar no necesariamente se obtendrá el mismo resultado ya que son estadísticamente diferentes (Fallas, 2012). Para la aplicabilidad de cada método es importante entender en qué casos es viable aplicar cada una de ellas; para esta investigación se aplicó la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey es la prueba más aplicada y preferida por los estadísticos, pues controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística ( $\alpha$  y  $\beta$ ) (Montgomery 2003). Esta prueba permite realizar todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, y por eso se considera la más completa (Wu y Hamada, 2000).

$$w = qx \sqrt{\frac{CME}{\tau}}$$

Donde

w, es el comparador para los tratamientos.

q, es un valor que se obtiene de una tabla de Tukey a tres niveles de significancia del 5% y del 1%.

CME, es el cuadrado medio del error.

$\tau$ , es la repetición.

Mediante el uso del Software InfoStat se realizó el análisis de media Tukey al 5 % de probabilidades de error, lo que permitió obtener el análisis correcto de las medias de los tratamientos.

### 10.6 Análisis de Tendencia

Para este análisis de tendencia se realizó con las medianas (de cada método de ICAS) mensuales de cada parámetro. Spearman ( $r_s$ ) mide el grado de correspondencia que existe entre los rangos que se asignan a los valores de las variables analizadas (Reguant, Vila, & Torrado, 2018). 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 monótonica 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. La prueba rho de Spearman es una prueba de rango que determino la existencia de correlación entre pares de datos consecutivos en una serie de tiempo (Cantor, 2011). 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.

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

donde

D, es la diferencia en rangos emparejados.

N, número de casos.

Todo este proceso se llevará a cabo en el software de tren, donde es un sistema que está diseñado para pruebas estadísticas de tendencias en datos de series de tiempo y cuenta con 12 pruebas estadísticas de gran ayuda.

## **11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **11.1 Análisis exploratorio de datos**

#### **pH**

Se estableció que el pH medio y mediano mensual para la parte baja del río Cutuchi fue ligeramente alcalino y la moda fue neutro (7.71). Es decir, la distribución de el pH presento una levemente asimétrica con cola a la izquierda (Figura 4a). La dispersión de esta variable fue baja (7.04 a 8.79) y un coeficiente de variación  $< 25$  %. Para el TULSMA, anexo 1, tabla 3 para riego agrícola, esta variación de valores se encuentra dentro de los rangos permisibles, Pérez y Rodríguez señalan que la variación del pH se encuentra relacionada con las condiciones agrícolas, descargas urbanas como también por parte de la eutrofización asociados al ciclo de la fotosíntesis y la respiración de las algas, todos estos factores alteran al pH, ya que el cauce atraviesa 60 km aproximadamente.

#### **Temperatura**

Se determinó que la temperatura media mensual para la parte baja del río Cutuchi fue 6.41 °C y su mediana es de 7 °C como también su moda. Es decir, la distribución de la temperatura fue asimétrica con cola a la izquierda (Figura 4b). La temperatura presento una alta dispersión de sus valores (1.8 a 10.1 °C) y un coeficiente de variación  $> 25$  %. Rango de temperatura se encuentro de una manera normal con 8.3 °C y la temperatura ambiente del agua en Latacunga es de 5 a 22 °C que estaría dentro del rango obtenido. Perez y Rodriguez mencionan que la temperatura a pesar de reconocer que se puede dar una contaminación térmica, producto de los espejos de agua poco profundos propia de los sistemas de regadío, el daño ocasionado, al fin y al cabo, dependerá de la temperatura que pueda alcanzar el agua.

#### **Turbidez**

Se determinó que la turbidez media mensual para la parte baja del río Cutuchi fue 26.27 NTU y su mediana es de 22.2 NTU, sin embargo, la moda tiende a subir a 41.9 NTU. Es decir, la distribución de la turbidez fue ligeramente asimétrica con cola a la derecha (Figura 4c). La turbidez presento una alta dispersión de sus valores (1.64 a 56.8 NTU) y un coeficiente de variación  $> 25$  %. El rango de turbidez se encuentro en forma amplia con 55.16 NTU y es por ello que se tiene una alta dispersión, el rango de turbidez para el consumo humano es de 1 a 100 NTU por lo tanto se encuentra fuera del rango, según el TULSMA, anexo 1, tabla 1.

Villacreses, 2015 señala que la turbidez son las partículas arrancadas del suelo y aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, como consecuencia se tiene la dificultad de la vida de algunos organismos, destruyendo sitios de alimentación para peces y obstruyendo canales, ríos y hasta puertos.

### **Sólidos totales disueltos**

Se determinó que en los sólidos totales disueltos la media mensual fue 482.43 mg/L y su mediana es de 435 mg/L y la moda tiende a ser 139.75 mg/L. Es decir, la distribución de los sólidos totales disueltos fue ligeramente asimétrica con cola a la derecha (Figura 4d). Los sólidos totales disueltos presentaron una alta dispersión de los datos (139.75 a 906 mg/L) con un coeficiente de variación  $> 25$  %. El rango de los sólidos totales disueltos se encuentra ampliamente disperso con un rango que va desde los 139.75mg/L a 906mg/L, valores aceptables para uso del agua de riego según el TULSMA, anexo 1, tabla 4 (0 a 2000 mg/L). Toasa señala que las sustancias disueltas pueden provenir de la naturaleza o de las que el hombre genera procedentes de su actividad. Estas últimas, en el sentido más amplio, dan lugar a la contaminación.

### **Nitratos**

Se determinó el nitrato medio mensual para la parte baja del río Cutuchi de 2.36 mg/L y su mediana de 2.32 mg/L. Sin embargo, la moda fue 0.7 mg/L es decir, la distribución de los nitratos fue ligeramente asimétrica con cola a la derecha (Figura 4e). Los nitratos presentaron una alta dispersión de los datos (0.05 a 5.64 mg/L) con un coeficiente de variación  $> 25$  %. El rango de los nitratos se encuentra en una forma amplia, ya que se obtuvo un valor de 5.59 mg/L, valores que se encuentra dentro del rango para agua para consumo humano y domestico del TULSMA, anexo 1, tabla 1 (0 a 50 mg/L). La presencia de nitratos se relaciona con los residuos de fertilizantes utilizados para los cultivos, e incluso de plaguicidas, pues es esencial en el crecimiento de las plantas, estos agroquímicos son arrastrados en el agua como también, son indicativos de un posible contaminación fecal, pero para el ser humano un exceso de estos iones en el agua potable puede causar metahemoglobinemia una enfermedad que principalmente se manifiesta en bebes de hasta 6 meses de edad y causa la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de los glóbulos rojos dañando principalmente a los tejidos (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

## **DBO5**

Se determinó el DBO5 con una media mensual para la parte baja del río Cutuchi que fue 37.15 mg/L y con una media de 19 mg/L, pero se encontró con una moda de 63.25 mg/L. Esto quiere decir, que la distribución del DBO5 fue asimétrica con cola a la derecha (Figura 4f). El DBO5 presento una alta dispersión de los datos (0.98 a 63.25 mg/L) con un coeficiente de variación > 25 %. El rango de esta variable fue muy amplio (Tabla 1), lo que influyo en su dispersión (alta), los valores también, se encuentra fuera del rango para consumo humano y doméstico, puesto que es hasta 2 mg/L según el TULSMA, anexo 1, tabla1. Señaladas como aguas superficiales con un fuerte impacto en la demanda bioquímica de oxígeno las descargas de aguas residuales urbanas, aguas negras y desechos industriales, se puede señalar que las cantidades excesivas de materiales orgánicos biodegradables en aguas son perjudiciales debido a que eliminan del agua el oxígeno necesario para sustentar la vida animal normal (Bolaños, Montero, Rodríguez, & Sánchez, 2015).

## **Oxígeno disuelto**

Se determinó que el oxígeno disuelto medio mensual para la parte baja del río Cutuchi fue 40.18%, mediana de 30% y una moda de 10%. Es decir, que la dispersión del oxígeno disuelto fue asimétrica con cola a la derecha (Figura 4g). El oxígeno disuelto presento una alta dispersión de los datos (1.2 a 109.47%) con un coeficiente de variación > 25 %. El rango del oxígeno disuelto se encuentro de una manera amplia con un valor de 108.27% es por ende su alta dispersión de los valores, este rango se encuentra dentro de los límites para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, ya que > 80% según el TULSMA, anexo 1, tabla 2. Por otra parte, Pérez y Rodríguez (2008) añaden que el oxígeno disuelto es una variable que define en gran parte la biodiversidad y la supervivencia de la comunidad biótica. La mayoría de los peces toleran una concentración baja de oxígeno disuelto por cierto período de tiempo. Sin embargo, reducciones por debajo del 50% generan efectos negativos sobre la biodiversidad, el crecimiento, la reproducción y la actividad de estos. El oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos.

## **Coliformes fecales**

La media mensual para la zona baja del río Cutuchi fue de 2504.1 NMP/100ml y una mediana de 2177 NMP/100 ml, sin embargo, la moda es 3753.46 NMP/100 ml. Esto quiere decir, que la dispersión de las coliformes fecales fue asimétrica con cola a la derecha (Figura 4h). Las

coliformes fecales presentaron una alta dispersión de los datos (43 a 7000 NMP/100 ml), con un coeficiente de variación  $> 25 \%$ . El rango de las coliformes fecales se encuentre de manera amplia con una dispersión alta y su valor es de 6957 NMP/100 ml, que se encuentra fuera del rango para consumo humano (1000 NMO/100ml) y para riego agrícola (0 a 1000 NMP/100 ml) según el TULSMA, anexo 1, tabla 3. Coliformes fecales puede ser un riesgo para la salud de los animales en cultivo y precisamente tratándose de alevines que resultan más susceptibles a cualquier enfermedad. (Pis, y otros, 2015). Mientras que Sotomayor (2013) señala que son indicadores de la presencia de heces y los mesófilos son indicadores de la presencia de materia orgánica que puede traer aparejada una contaminación de un sinnúmero de bacterias y por ende de enfermedades para el hombre, como salmonelosis, cólera, disentería y otros.

### **Fosfato total**

Se determinó que los fosfatos totales medios mensual para la parte baja del río Cutuchi fue 0.74 mg/L y con una mediana de 0.3 mg/L y la moda se encontró con 0.3 mg/L. Es por ello, que la dispersión de los fosfatos totales fue asimétrica con cola a la derecha (figura 4i). Los fosfatos totales presento una alta dispersión de los datos (0.05 a 2.25mg/L), con un coeficiente de variación  $> 25 \%$ . El rango de los fosfatos totales se encuentre de una forma muy amplia con un valor de 2.2mg/L, relacionado con su alta dispersión de valores, su rango se encuentra fuera, ya que es de 0 a 2 mg/L según la Fao. El fosfato total puede ser muy manifiestos en aquellas aguas que recogen vertidos urbanos por la presencia de polifosfatos, que componen los detergentes o bien, en las que arrastran abonos agrícolas no consumidos (Vásquez, Talavera, & Inga, 2015). El fosfato puede ser el nutriente limitante en la productividad primaria, pero en los ecosistemas degradados a consecuencia del uso desmedido de fertilizantes y detergentes fosfatados la concentración de este se ha incrementado. Esto ha generado problemas de eutrofización y deterioro en muchos cuerpos de agua. No obstante que las concentraciones de fosfatos (fósforo total) en los cuerpos de agua del área de distribución de los peces (Rueda, De los Santos, Fuentes, & Gabriel, 2014).

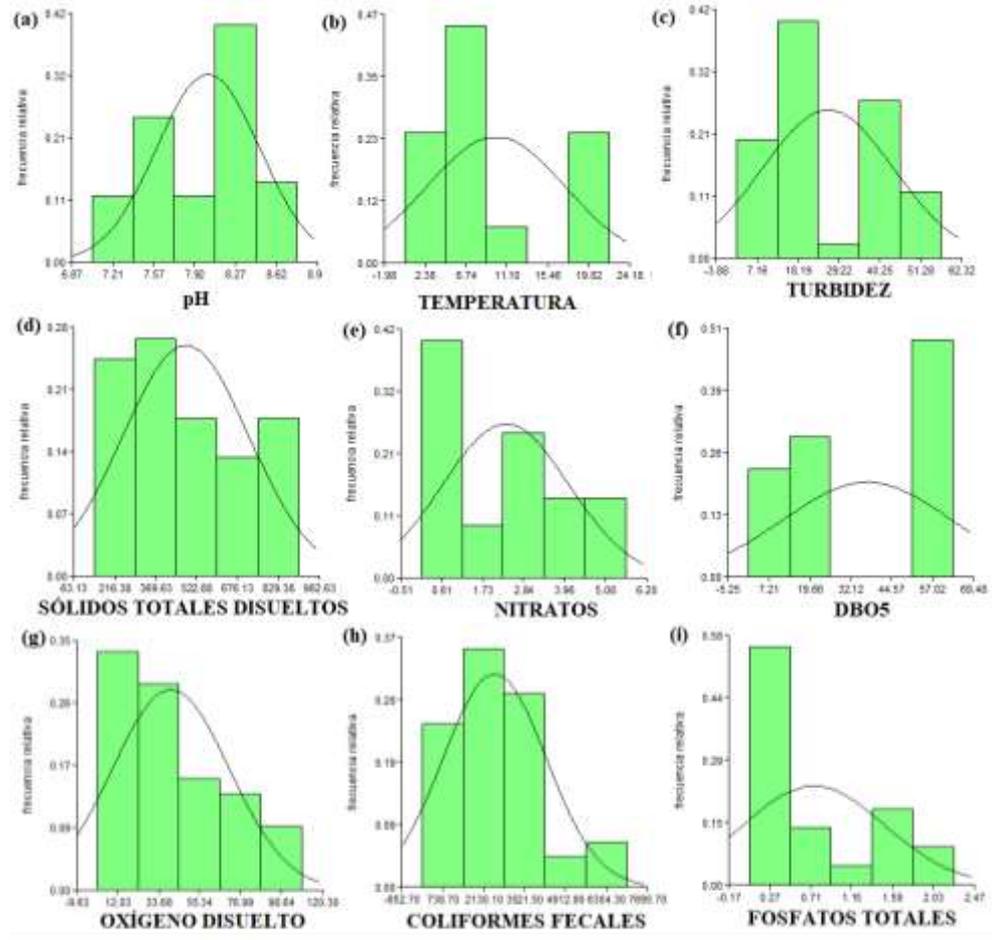
**Tabla 7.** Resumen de medidas de parámetros de calidad de agua de la parte media del río Cutuchi.

Medidas de resumen	pH	T (°C)	TURB (NTU).	STD (mg/l)	NO3 (mg/l)	DBO5 (mg/l)	OD (% sat)	CF (NMP)	FT. (mg/l)
Media	8.0			482.					
	3	6.41	26.27	43	2.36	37.15	40.18	2504.1	0.74
Mediana	8.1								
	4	7	22.2	435	2.32	19	30	2177	0.3
Moda	7.7			139.					
	1	7	41.9	75	0.7	63.25	10	3753.46	0.3
Desviación estándar	0.4			231.					
	3	1.91	17.32	69	1.69	25.23	30.14	1695.06	0.75
Varianza	0.1			5368				2873226	
	8	3.63	300.03	2	2.85	636.33	908.56	.56	0.56
Coefficiente de variación	5.3	29.7		48.0					100.
	5	4	65.95	3	71.57	67.9	75.02	67.69	47
Rango	1.7			766.					
	5	8.3	55.16	25	5.59	62.27	108.27	6957	2.2
Mínimo	7.0			139.					
	4	1.8	1.64	75	0.05	0.98	1.2	43	0.05
Máximo	8.7								
	9	10.1	56.8	906	5.64	63.25	109.47	7000	2.25

**CF: coliformes totales, STD: Sólidos totales disueltos, FT: Fosfatos totales**

**Fuente:** Eimer Mena, 2020

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



Fuente: Eimer Mena, 2020

## 11.2 Completación de datos

La completación de los valores atípicos y faltantes se realizó mediante la mediana para las distribuciones asimétricas ya sean con cola a la derecha o a la izquierda como lo son para pH, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, nitratos, DBO5, oxígeno disuelto, coliformes fecales y fosfatos totales.

## 11.3 Índices de calidad de agua

Los índices de calidad de agua para los dos métodos tanto para el NSF y el CCME presentaron una variación en sus resultados obtenidos en los diferentes periodos (tabla 8). Para el ICA-CCME sus valores se encuentran divididos en 3 rangos distintos (marginal, regular y bueno), a lo largo de la microcuenca baja, el punto 1 que se ubican en el río Illuchi y el punto 2 que se ubica en el río Isinche sector Salache tienden a variar de marginal a regular en años diferentes

mientras que, los puntos 3 y 4 afluentes al río Cutuchi presentan las mismas variaciones en los diferentes años, pero en el punto 5 correspondiendo al río Cutuchi presentó un rango de marginal que se mantiene en los dos periodos. Mientras que el punto 6 que se encuentra ubicado en la parroquia de Panzaleo perteneciente a la estación hidrométrica H0792 en el mismo río dio como resultado en los años 2012, 2014 y 2019 un rango regular mientras que, en los años 2015 y 2020 tiende a cambiar a buena calidad.

En el caso del ICA-NSF también presenta una variación de la calidad de agua, en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 presentaron valores que se encuentran de 40 a 45 que da como resultado un rango de mala calidad. Además, para el punto 6 se evaluaron 7 años en los cuales presentaron una variación de rangos, ya que se obtuvieron valores de 47 a 49 que pertenecen a mala calidad y de 50 a 54 que se encuentran dentro del rango de media calidad. Para Torres, Cruz y Patiño señalan que los ICA son una herramienta útil para la evaluación de la calidad del agua, que fueron desarrollados para el recurso hídrico a ser destinada y el índice CCME presenta una estructura más amplia, porque considera la variable en el tiempo y el espacio.

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

Índices de Calidad del Agua			
Puntos	AÑOS	ICA-CCME	ICA-NSF
Punto 1	2012	55.24	43
Punto 2	2013	71.44	45
Punto 3	2010	60.48	42
	2011	65.65	42
Punto 4	2010	77.00	43
	2011	53.04	40
Punto 5	2010	63.42	42
	2011	53.22	44
	2011		50
Punto 6	2012	68.35	47
	2013		49
	2014	77.28	46
	2015	83.71	46
	2019	79.62	54
	2020	83.70	51

**Elaborado por:** Eimer Mena

Para este método mensual se excluyó el punto 1, punto 2 y punto 6 ya que no se encontraron los datos mensuales y es por ellos que no se efectuó dicha comparación.

### 11.3.1 ICA NSF

En el método del ICA-NSF se realizó una comparación mensual se utilizaron los datos de la Fundación Natura, por lo cual se tomó en cuenta los meses de septiembre del 2010 hasta julio del 2011 para los puntos 3, 4 y 5, ya que cumplen con el mismo periodo de meses, en estos puntos ya mencionados, se observa una variación de rangos ver tabla 9, ya que se encuentran valores de 38 hasta 57 que corresponde a un rango que va de mala calidad a regular, mientras que el rango más predominante es de mala calidad para este método.

**Tabla 9.** Calidad de agua mensual por los métodos ICA-NSF.

ICA NSF				
Año	Fecha	Punto 3	Punto 4	Punto 5
2010	sep-10	44	43	44
	oct-10	39	44	39
	nov-10	41	45	43
	dic-10	52	47	43
2011	ene-11	45	46	44
	feb-11	38	46	44
	mar-11	51	25	40
	abr-11	43	51	57
	may-11	44	38	42
	jun-11	49	39	44
	jul-11	43	42	47

**Elaborado por:** Eimer Mena

### 11.3.2 ICA CCME

El método del índice de calidad de agua CCME mensual presentó una gran variación en los datos, en el punto 3 que se encuentra en el río Pujilí para el mes de junio fue de calidad buena, mientras que para los meses de diciembre, enero, marzo, mayo y julio con una calidad aceptable y para los meses de septiembre, octubre, noviembre, febrero y abril tiende a variar a una calidad regular (Tabla 10). Para el punto 4 que se ubica en el río Isinche en el sector Rumipamba la universidad en los meses de marzo y mayo una calidad de mala que para el mes de abril tiende a variar a regular, pero en los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, junio y julio mantiene una calidad aceptable, además para los meses de enero y febrero la calidad de agua

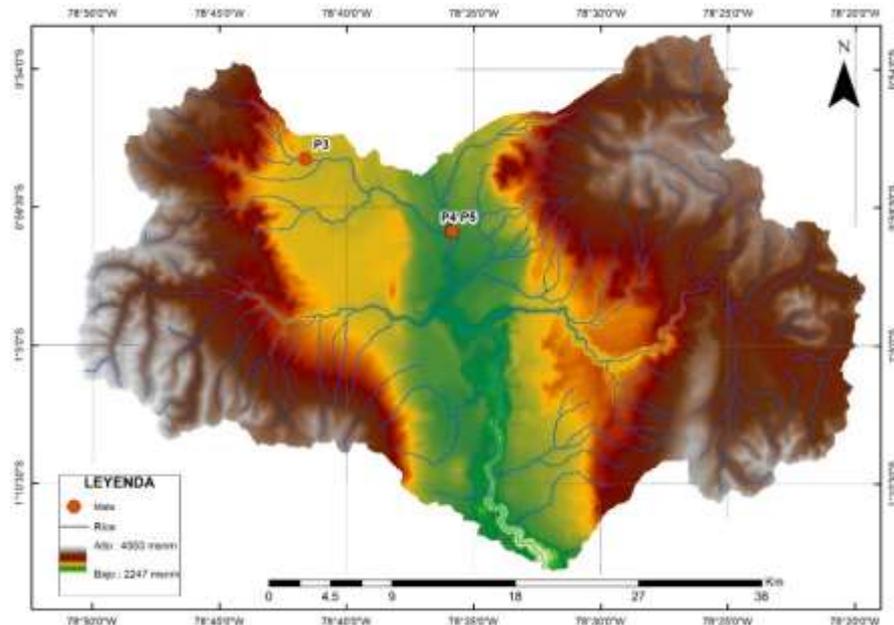
es buena. En el punto 5 ubicado en el río Cutuchi se obtuvo un rango de mala calidad para el mes de marzo, mientras que, para los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, y mayo una calidad regular y para los meses de enero, febrero, abril, junio y julio un rango de aceptable. En todos los puntos monitoreados en diferentes meses, se logra observar que existe una variación de la calidad de agua.

**Tabla 10.** Calidad de agua mensual por los métodos ICA-CCME.

Año	Fecha	ICA CCME		
		Punto 3	Punto 4	Punto 5
2010	Septiembre	58.91	77.13	64.38
	Octubre	59.09	77.13	63.66
	Noviembre	58.88	76.17	63.27
	Diciembre	68.32	77.56	62.42
2011	Enero	63.26	81.03	66.11
	Febrero	59.48	80.77	67.16
	Marzo	76.84	42.93	43.34
	Abril	52.65	77.50	77.34
	Mayo	78.12	42.17	63.07
	Junio	90.24	70.39	70.92
	Julio	77.23	70.33	71.16

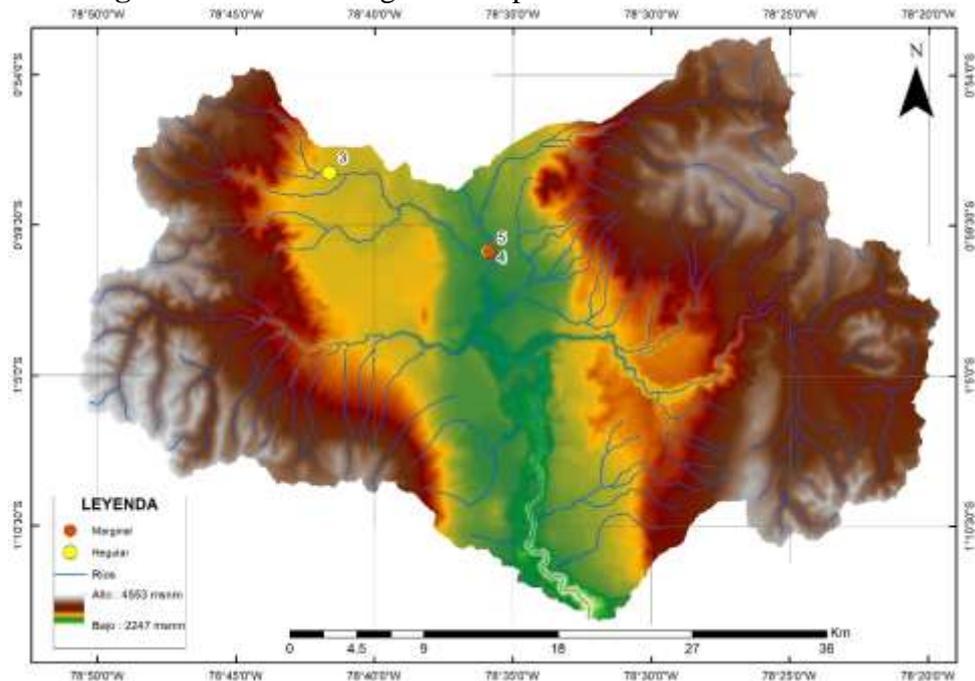
Elaborado por: Eimer Mena

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



Elaborado por: Eimer Mena

**Figura 6.** Calidad de agua anual por los métodos ICA- CCME.



**Elaborado por:** Eimer Mena

Se analizaron los metales pesados como manganeso, cobre, cromo, hierro, plomo y flúor donde se obtuvo en el punto 6, correspondiendo al sector de Panzaleo una concentración fuera de los límites máximo permisibles para riego agrícola perteneciendo al parámetro de flúor, en el año 2012 con un valor de 1.23 mg/l, esto se podría deber a una contaminación natural o el uso de insumos agrícolas, este componente en altas cantidades puede ser perjudicial para la salud. El exceso de flúor provoca enfermedades como fluorosis dental y fluorosis esquelética, fracturas de hueso, cálculos renales, daños en la función tiroidea y bajos niveles de inteligencia en los niños (David, 2009).

## 11.4 Análisis estadista

### 11.4.1 Análisis de varianza (ANOVA)

#### NSF

Considerando el análisis de varianza en la tabla 11 se pudo evidencia que no existió una significancia estadística ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes puntos de calidad de agua para el método del ICA -NSF en los periodos señalados

**Tabla 11.** Análisis de Varianza ICA NSF.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
PUNTOS	2,33	2	1,17	0,54	0,6312
ERROR	6,50	3	2,17		
TOTAL	8,83	5			

**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

### CCME

También el análisis de varianza para el método del ICA-CCME de la tabla 12 se pudo evidencia que no existió una significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ) entre los diferentes puntos de calidad de agua para los periodos estudiados.

**Tabla 12.** Análisis de Varianza ICA CCME.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
PUNTOS	47,48	2	23,74	0,20	0,8273
ERROR	352,43	3	117,48		
TOTAL	399,91	5			

**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

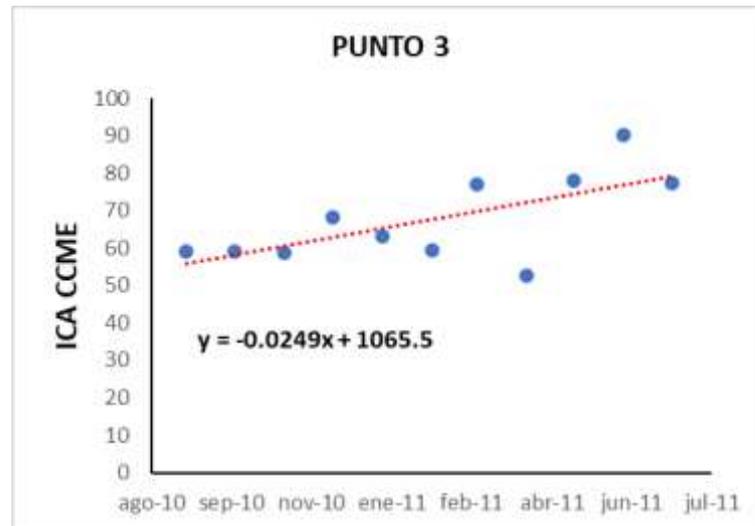
#### 11.4.2 Análisis de Tendencia

Para la prueba de tendencias se trabajó con los datos de la Fundación Natura, ya que cumplía con datos para la realización de este método. En el análisis de tendencia por el método de Spearman's Rho, programa TREND permitió identificar incrementos y decrementos de tendencias de la calidad del agua para los diferentes puntos del río Cutuchi. Para el método NSF, punto 3 que se encuentra ubicado en el río Pujilí no existe una significancia, sin embargo, para el método CCME existe una significancia al 0,01 es decir existe una tendencia de mejorar la calidad del agua ver figura 8 y tabla 13.

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

ICA	Puntos	Z	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Significancia
NSF	P 3	0.661	0.822	0.98	1.288	NS
	P 4	-1.064	0.822	0.98	1.288	S (0.05)
	P 5	1.61	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
CCME	P 3	2.07	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 4	-1.437	0.822	0.98	1.288	S (0.01)
	P 5	1.294	0.822	0.98	1.288	S (0.01)

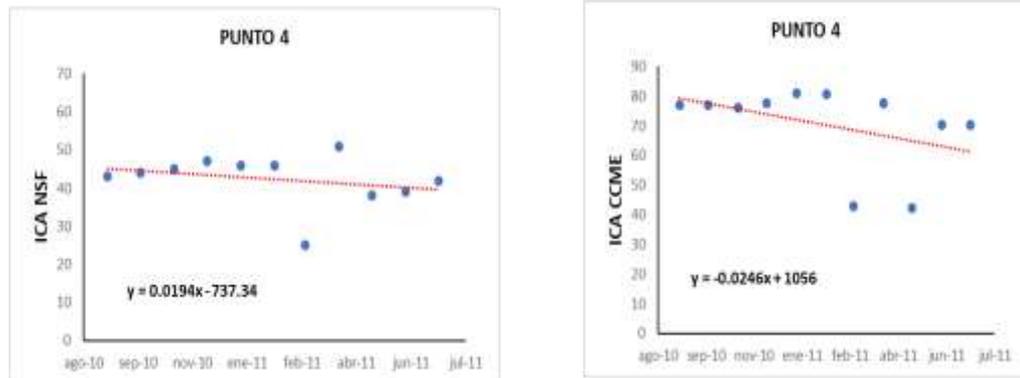
Elaborado por: Eimer Mena, 2020

**Figura 7.** Análisis de Tendencia Punto 3 por el método ICA CCME.

Elaborado por: Eimer Mena, 2020

Para el punto 4 que se encuentra ubicado en el río Isinche sector Rumipamba para el método NSF existe una significancia al 0,05 mientras que para el método CCME existió una significancia al 0,01 pero con una tendencia negativa (Tabla 13) es decir tiende a empeorar la calidad de agua de mala a regular según el método del ICA NSF al igual que al método CCME que va desde buena, regular y marginal. Por lo tanto, es punto debe ser considerado como crítico porque a medida que pasa el tiempo su calidad se deteriora (Figura 9), Bustamante (2015) señala que la situación de la contaminación se ve afectada por las descargas de aguas servidas, tanto domésticas como industriales astas agrícolas sin ningún tratamiento previo.

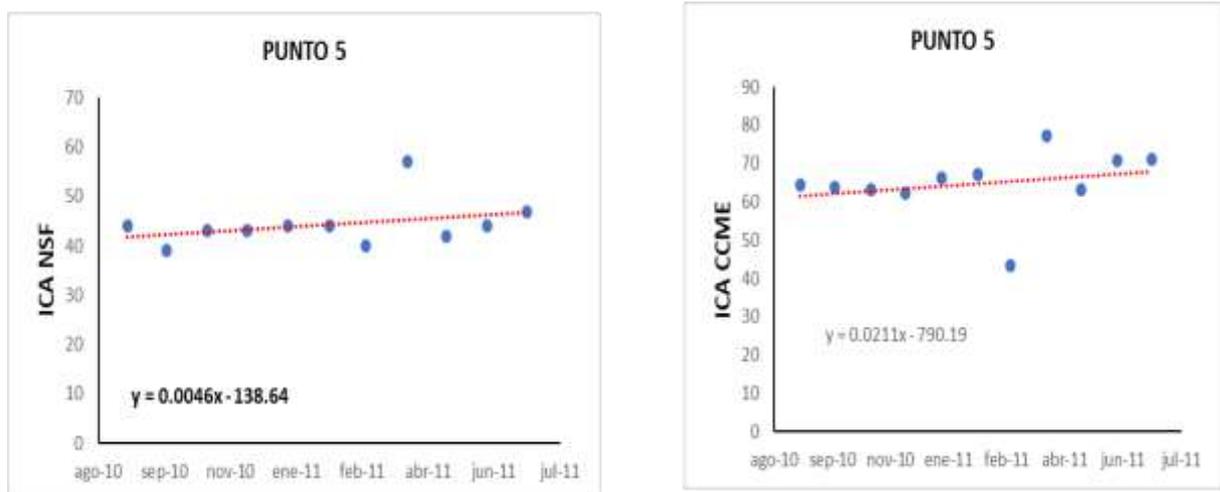
**Figura 8.** Tendencia decreciente de la calidad del agua en el punto 4 por los métodos ICAS NSF y CCME



**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

En el punto 5 ubicado en el río Cutuchi en el sector de Rumipamba la universidad tanto para el método NSF y CCME se obtuvo un grado de significancia al 0,01 pero con una tendencia a mejorar la calidad del agua ver figura 9. Es decir, que el río Cutuchi para un periodo mensual desde agosto del 2010 a julio 2011 la calidad del agua mejoró de mala a regular según el método ICA NSF mientras que, para el método CCME se encuentran en los rangos de pobre, marginal a regular predominando el rango de regular.

**Figura 9.** Tendencia creciente de la calidad del agua en el punto 5 por los métodos ICAS NSF y CCME.



**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

## **12 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **12.1 Impactos sociales**

En la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi, las aguas del afluente atraviesan varios sectores como industriales, urbanos y agrícolas; la mayoría de los sectores desembocan sus aguas residuales, cuya calidad se ve afectada negativamente por alguna influencia antrópica que altera sus estados natural, estas aguas residuales afectan tanto al ser humano como a los ecosistema acuático, ya que la variación del agua de su estado natural puede alterar la biodiversidad que se desarrolla o como también sus propiedades naturales, estas aguas son utilizadas para la agricultura, porque irrigan los cultivos como asimismo son utilizados para la ganadería; en muchas situaciones los cultivos tienden a sufrir alguna alteración o no desarrollarse completamente y en algunos casos es utilizada para el consumo humano, causando problemas en la salud como infecciones, inconvenientes a la piel y estomacales entre otros; además, la contaminación es evidente ya que sus aguas tienden a tener un color café oscuro y esto hace que no de un realce natural, considerando como una contaminación paisajística y dando así una mala imagen a visitantes.

### **12.2 Impactos ambientales**

El presente estudio se realizó en la microcuenca baja del río Cutuchi, en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua; gracias a los convenios institucionales se logró obtener una base de datos de resultados de diferentes estudios que se realizaron a lo largo de la microcuenca baja. Con esta información se pudo determinar la calidad del agua desarrollando por dos métodos diferentes en 6 puntos a lo largo de la microcuenca baja. La variación de la calidad de agua en los diferentes sitios se debe, a que el cauce cruza centros poblados, zonas industriales y agrícolas que muchas de las veces sus aguas residuales que son vertidas sin ningún previo tratamiento o a su vez un mínimo tratamiento hacia el cauce, esta alteración a la calidad de agua puede ser puntual y difusa estas aguas en muchos lugares son utilizadas para la irrigación de sus cultivos y en la mayoría estas aguas contienen elementos fisicoquímicos y biológicos altamente elevados; como resultado tenemos que los cultivos absorben todos las sustancias y las almacenan en su interior para luego ser comercializadas esto también sucede en la ganadería porque es utilizado como bebida para el ganado vacuno, otra alteración que se puede evidenciar rápidamente es la contaminación paisajística, ya que en algunos lugares utilizan las riberas del río como zona de descargue de escombros o desechos esto hace que la que la fuerza del agua arrastre y se disperse los materiales a lo largo del río.

### 12.3 Impactos económicos

En la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi su principal actividad económica es la agricultura en este caso es un problema; ya que, sus productos principalmente hortalizas son irrigadas por el río ya mencionado, previamente son comercializados y distribuidos a los hogares de todo el país, también por otro punto de vista a medida que pase el tiempo la contaminación del agua va ser mayor, acelerando así la inutilidad por completo de este recurso y así su recuperación de la calidad va ser costosa; como resultado para su remediación para las autoridades de turno va a ser mucho mayor.

## 13 PRESUPUESTO

**Tabla 14.** Presupuesto.

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

**Elaborado por:** Eimer Mena, 2020

## 14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 Conclusiones

- La microcuenca del río Cutuchi zona baja presentó altas concentración en los parámetros como: coliformes fecales, turbidez, DBO5 y fosfatos totales; valores que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para diferentes usos como: consumo humano, para riego agrícola, según las tablas del TULSMA, esto debido a las descargas directas que recibe el cauce de los sectores urbanos, industriales y agrícolas en el trayecto que recorre el afluente.
- Mediante el índice de calidad de agua ICA NSF se determinó que el punto 1, que se encuentra ubicado en el río Illuchi presento un valor de 43 que se ubica en el rango de mala calidad, esto se podría deber por las actividades agrícolas y ganaderas que existe en el sector. El punto 2 que se encuentra en el río Isinche en el sector de Salache presenta un valor de 45 ubicando en el rango de mala calidad esto ya sea por los mismos factores señalados en el anterior punto. Para el punto 3 que se encuentra ubicado en el río Pujilí su valor fue de 42 ubicando en un rango de mala calidad, este resultado se debería como resultado del paso de un poblado; mientras en el punto 4 que se encontró en el río Isinche, sector Rumipamba la universidad 41.5 también ubicando en un rango de mala calidad. Para el punto 5 que se ubicó en el río Cutuchi sector Rumipamba la universidad presento un promedio de 43 que al igual que los anteriores puntos se ubica en un rango de mala calidad; como también es el caso del punto 6 que se ubicó en el sector de Panzaleo donde anualmente tiende a variar, pero en promedio su valor es de 49 ubicándolo en el rango de mala calidad. Esta alteración de la calidad del agua podría deberse al vertido directo de algunos sectores como también la mala utilización de insumos para la parte agrícola.

Para el método CCME tiende a variar de regular a marginal, para los puntos 1 con valor de 55.24, punto 3 con 63.06 y el punto 5 con un valor de 58.32 se encuentran en un rango Marginal; mientras para el punto 2 con 71.44, punto 4 con 65.02 y el punto 6 con un valor promedio de 78.53 se ubican en el rango de regular. Esta diferencia de valores por cada método se debe por sus diferencias de como calificar a la calidad del agua como también por la clasificar sus rangos en la escala; pero se puede decir que en la microcuenca baja del río Cutuchi la contaminación del agua siempre se encuentra en constante cambio esto ya sea por diversos factores naturales y antrópicos.

- La prueba de tendencias por Spearman's Rho para un periodo mensual de dos años logró identificar al punto 4 como crítico que se encuentra ubicado en el río Isinche en el sector Rumipamba- Universidad, a pocos metros de la unión con el río Cutuchi, este punto presento un nivel de significancia del 0.05 a 0.01 para el método NSF y CCME respectivamente, para tendencias de decreciendo de calidad del agua que va de buena a pobre (tendencia negativa). Sin embargo, el punto 5 ubicado en el río Cutuchi en el sector Rumipamba la universidad se obtuvo una significación del 0.01 para los dos métodos. Esto quiere decir que la calidad del agua del río Cutuchi fue mejorando de mala a regular para el método NSF como también para el método CCME va de pobre, marginal y regular en un periodo de dos años.

## **14.2 Recomendaciones**

El control de la calidad del agua en los sectores rurales es responsabilidad de la municipalidad de cada cantón pero no cuentan con un programa de control permanente que garantice la calidad continua del mismo, se recomienda así a la municipalidad de cada cantón que lleve a cabo un programa de monitoreo adecuado y continuo para evaluar constantemente la calidad del recurso agua para de esta forma garantizar un servicio de calidad para diferentes usos, de esta manera se podría disminuir los posibles puntos críticos de contaminación, mitigando a través de programas de contingencia.

Para una próxima investigación no se consideren todos los puntos, sino en este caso el punto 4 porque se considera como un punto crítico en la calidad del agua, esto podría ser por diferentes causas naturales, antrópicas o como el resultado de alguna actividad del hombre para su beneficio.

Las tendencias estimadas en la calidad del agua, para la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi, nos presentan una visión general del comportamiento de la calidad del agua, por lo que se recomienda realizar estudios más absolutos sobre los puntos que tenga una tendencia muy variante.

Sin embargo, se recomienda de que previo a que el agua se distribuya para el uso agrícola se determinen los parámetros de metales pesados, grasas y detergentes; para determinar una contaminación más clara y con ello en los próximos años lograr un registro continuo de los parámetros ya señalados.

## 15 REFERENCIAS

- Acoltzin, C. (2014). *Estadística descriptiva y selección de la prueba* Vidal. Mexico: Rev. Mex. Cardiol. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-21982014000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982014000200009)
- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE LLAÑUCANCHA DEL DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY 2017*. Abancay: Universidad tecnológica de los andes. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Alencar de Silva, K., & Silva, R. (2017). *TENDENCIA PLUVIOMETRICA Y CONCENTRACIÓN ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MOXOTÓ – PERNAMCUCO – BRASIL* (Vol. 1). Revista Geográfica de América Centra. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4517/451750038021/451750038021.pdf>
- Altamirano, M. (2013). *Estudio hidroquímico y de calidad del agua superficial en la cuenca del río Mira*. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1711>
- Amat, J. (2016). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*. *cienciadedatos.net*. Obtenido de [https://www.cienciadedatos.net/documentos/19\\_anova](https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova)
- Arangón, V. (2010). *LA construcción social del discurso en torno al agua y su contaminación a la creación de opinión pública*. Murcia: Universidad de Murcia. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/81688/TMVAG.pdf>
- Astudillo, W. (2016). *Falta de control en la contaminación del agua provocado por los desechos tóxicos de las industrias al Río Machángara y la vulneración de los derechos ambientales*. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8244/1/T-UCE-0013-Ab-428.pdf>
- Balmaseda, C., & García, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba*. Las Tunas. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf>
- Balmaseda, C., & García, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 1-6.

- Balmaseda, C., & García, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba* (Vol. 23). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf>
- Balmaseda, C., & Gracia, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba*. Ciencias Técnicas Agropecuarias. Obtenido de [scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf)
- Bermúdez, C. (2016). *EFICIENCIA DE CONSORCIOS BACTERIANO – MICROALGAL PARA LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DE LA ESPAM MFL*. Calceta: ESPAMMFL. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/293/1/TMA93.pdf>
- Bobadilla, F. (2016). *MODELADO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO DAULE EN EL SECTOR DE LA TOMA, UTILIZANDO VBA*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12879/1/TESIS%20MGA%20003\\_FELIX%20BOBADILLA\\_FINAL%20Corregido.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12879/1/TESIS%20MGA%20003_FELIX%20BOBADILLA_FINAL%20Corregido.pdf)
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)* (Vols. 30-4). Costa Rica: Tecnología en Marcha. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Bolaños, J., Montero, N., Rodríguez, N., & Sánchez, A. (2015). *Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica* (Vol. 15). Costa Rica: Revista Pensamiento Actual. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5821477.pdf>
- 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.
- 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: PUCE.
- Cantor, D. (2011). *EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE TENDENCIAS DE LARGO PLAZO EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA COLOMBIANA*. Medellín: Universidad nacional de Colombia. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11058382.pdf>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). *Validación del método de determinación de coliformes totales y facales en agua potable utilizado agar Chromocult*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf>

- Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Casilla, S. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE DESCARGA DE LA CUENCA DEL RIO SUCHEZ*. Puno: UNA-PUNO. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quispe\\_Sergio.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1)
- Castillo, J., Villalpando, P., & Wong, A. (2007). *Diseños experimentales e investigación científica*. Innovaciones de negocios. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/315813627\\_Disenos\\_experimentales\\_e\\_investigacion\\_cientifica\\_Experimental\\_designs\\_and\\_scientific\\_research](https://www.researchgate.net/publication/315813627_Disenos_experimentales_e_investigacion_cientifica_Experimental_designs_and_scientific_research)
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/811/770/>
- COA. (2018). *Código Orgánico Ambiental*. Registro Oficial Suplemento 983. Obtenido de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf?fbclid=IwAR2npOrovqWudm-9nvesmX1LUqQHB7E92kr\\_wC70LHBNx9sjI22UB8Xk8\\_k](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf?fbclid=IwAR2npOrovqWudm-9nvesmX1LUqQHB7E92kr_wC70LHBNx9sjI22UB8Xk8_k)
- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR. (2008). *Nueva constitución. Ecuador*. Obtenido de [https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp\\_ecu-int-text-const.pdf](https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp_ecu-int-text-const.pdf)
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., & Pineda, R. R. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Mexico: SEMARNAT. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, F., Ríos, & Eduardo. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Mexico: Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- Cueva, M. (2012). *Evaluación de la calidad del agua del río Yacuambi, en el tramo comprendido desde la formación del río Tutupali hasta la intersección del río Yacuambi con el río Zamora, en la provincia de Zamora Chinchipe*. Loja: UTPL. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3855/3/Cueva.pdf>
- David, O. (2009). *Fluoride and environmental health: A review. Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. Wisconsin-Steven: Department of Geography/Geology. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/225720250\\_Fluoride\\_and\\_environmental\\_health\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/225720250_Fluoride_and_environmental_health_A_review)

Esri. (s.f.). Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/>

Estrella, S. (2016). *Comprensión de la media por profesores de educación primaria en formación continua*. Valparaíso: Revista Electrónica de Investigación Educativa. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/redie/v18n1/v18n1a1.pdf>

eWater Toolkit. (2018). *TREND*. Obtenido de <https://toolkit.ewater.org.au/Tools/TREND>

Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza comparando tres o más medias*. S/N. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59770623/analisis\\_de\\_varianza\\_201220190617-103974-7xmlum.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DANALISIS\\_DE\\_VARIANZA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BAN32467P](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59770623/analisis_de_varianza_201220190617-103974-7xmlum.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DANALISIS_DE_VARIANZA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BAN32467P)

Fallas, J. (2012). *ANÁLISIS DE VARIANZA Comparando tres o más medias*. Obtenido de [http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis\\_de\\_varianza\\_2012.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf)

Figueroa, S., & Gallardo, P. (2003). *Análisis Exploratorio de Datos*. Obtenido de Análisis Exploratorio de Datos: <https://ciberconta.unizar.es/leccion/aed/ead.pdf>

Flores, E., & Machuca, M. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27100/1/TESIS.pdf>

GAD Latacunga. (2019). *Diagnostico del plan de desarrollo del cantón Latacunga 2016-2019*. Latacunga. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000380001\\_PDyOT%20LATACUNGA%201\\_20-04-2015\\_16-06-55.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000380001_PDyOT%20LATACUNGA%201_20-04-2015_16-06-55.pdf)

GAD Salcedo. (2015). *Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial*. Salcedo. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0560000620001\\_DIAGNOSTICO%20POR%20COMPONENTES\\_15-04-2016\\_15-56-19.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560000620001_DIAGNOSTICO%20POR%20COMPONENTES_15-04-2016_15-56-19.pdf)

Galarza, K. (2018). *EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS ADQUIRIDOS EN LA VÍA PÚBLICA DEL CERCADO DE LIMA ENTRE MAYO 2017 Y JUNIO 2018*. Lima: Universidad Nortbert Wiener. Obtenido de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2656/TESIS%20%20Galarza%20Katherine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Garay, S. (2018). *LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS AMBIENTALES Y LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, EN EL PERIODO ENERO 2015 A OCTUBRE 2016*. Ambato: UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28220/1/FJCS-DE-1073.pdf>
- García, G. (2002). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Mansón: Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Obtenido de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520de%2520agua.pdf>
- Garrido, A., José, P., & Enríquez, C. (2010). *DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS FUNCIONALES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE MÉXICO*. Mexico: : Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/639/delimitacion.pdf>
- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). *Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia*. Colombia: Rev. Gestion Ambiental. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/download/33863/40485>
- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). *Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS Y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia*. Antioquia: Rev. Gestión y Ambiente. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/33902/1/33863-170537-1-PB.pdf>
- Gonzalez, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). *Application of water quality indices NSF, DINIUS and BMWP to Ayura Creek, Antioquia, Colombia*. Antioquia: Revista Gestión y Ambiente. Obtenido de [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:45026932](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:45026932)
- Gras, M. (2010). *Estimación estadística, modelado y análisis de la transmisión y coste de la variabilidad en procesos multi-etapa. Aplicación en la fabricación de bolsas cerámicas*. Castellano: Universitat Jaume.
- Guillén, T., Kohlmann, B., & Yeomans, J. (2012). *MICROORGANISMOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUAS* (Vol. 8). Limón, Costa Rica: Tierra tropical: sostenibilidad, ambiente y sociedad. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/279448839\\_MICROORGANISMOS\\_COMO\\_BIOINDICADORES\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_AGUAS](https://www.researchgate.net/publication/279448839_MICROORGANISMOS_COMO_BIOINDICADORES_DE_CALIDAD_DE_AGUAS)
- Gunter, L., & Gento, S. (2018). *LA APORTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA EXPLORATORIA AL ANÁLISIS DE DATOS CUALITATIVOS*. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/perseduc/v57n1/0718-9729-perseduc-57-01-00050.pdf>
- Gutierrez, C. (2010). *La contaminación del Río Cutuchi*. Latacunga: UTPL. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/10203>

- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (Tercera, Ed.)
- Guzmán, C., Thalasso, F., Elsa, R., Silvia, R., Guerrero, A., & González, F. (2011). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México*. Aguascalientes: Revista Internacional de Contaminación Ambiental.
- Guzmán, G., Thalasso, F., Ramirez, E., Rodriguez, S., Guerrero, A., & Avelar, F. (2011). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México*. Mexico: Rev. Int. Contam. Ambient vol.27. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992011000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200001)
- Hernández, L., Chamizo, H., & Mora, D. (2011). *Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica*. Costa Rica: Rev Costarr Salud Pública. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v20n1/art4v20n1.pdf>
- Hernández, R., & López, R. (2017). *DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA CALIDAD SANITARIA DEL AGUA EN PISCINAS DE USO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE LEÓN Y TELICA*. León: UNAN. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6543/1/238017.pdf>
- Hernández, Z. (2012). *Métodos de análisis de datos: apuntes*. Universidad de la Rioja. Obtenido de [https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD\\_710/Lib489791.pdf](https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf)
- Igrudo, R. (2015). *CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUA CONTAMINADA CON PURINES EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA TARTAR PECUARIO, BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA*. Cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1552/Tesis%20Idrugo%20Huaripata%20Mariela%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- InfoStat. (2008). *Manual de Usuario InfoStat, versión 2008*. Córdoba: Editorial Brujas Argentina.
- InfoStat. (2020). Obtenido de <https://www.infostat.com.ar/>
- Jara, P. (2015). *CALIDAD DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLÀ Y SUS EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LARVA*. Machala: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2839/2/CD000020-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Jiménez, J., António, C., González, R., & Fuentes, P. (2015). *Factores determinantes del rendimiento académico universitario en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Sevilla: INNOVAR. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v25n58/v25n58a12.pdf>

- Juárez, C. (2015). *Análisis de Varianza de Tipo I: Anova I*. Mexico: UAEM. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/55526811.pdf>
- Laurente, J. (2015). *VARIACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO (ICA – NSF) EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA CRUZ DE MOTUPE*. Tingo Maria: QUEBRADA CRUZ DE MOTUPE. Obtenido de [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/PPP2015.pdf](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP2015.pdf)
- Laurente, J. (2015). *VARIACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO (ICA – NSF) EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA CRUZ DE MOTUPE*. Obtenido de [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/PPP2015.pdf](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP2015.pdf)
- Ledesma, L., & Alarcón, J. (2016). *Diferencias entre el error estándar y desviación estándar de la disposición a pagar: aplicación del método bootstrap en la valoración contingente de un bien o servicio ambiental*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. (2014). Quito: Registro Oficial N° 305. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Llerena, S. (2014). *LA HUELLA HÍDRICA DE AMBATO Y EL DERECHO DE VIVIR EN UN AMBIENTE SANO Y ECOLÓGICAMENTE EQUILIBRADO*. Ambato: UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7891/1/FJCS-DE-716.pdf>
- Lozada, B., & Barboza, C. (2007). *Tendencia de la precipitación pluvial en Bramón, estado Táchira, Venezuela* (Vol. 57). Maracay: Agronomía Trop. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2007000200003&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2007000200003&script=sci_arttext)
- MAE. (s.f.). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-ejecuta-plan-de-descontaminacion-del-rio-cutuchi/#>
- Maén, S. (2009). *COMPRENSIÓN DE LAS MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL EN ESTUDIANTES MEXICANOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y BACHILLERATO*. Granada: UNIVERSIDAD DE GRANADA. Obtenido de <https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/TESSISsilvia2.pdf>
- Mancheno, G., & Ramos, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del cantón Urucuquí, provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San*

- Blas y Urcuqui*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>
- Martínez, O., Tuya, R., Martínez, L., Pérez, M., & Cánovas, A. (2009). *EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN*. La Habana: Rev haban cienc méd. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2009000200017](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017)
- Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Turrialba: CATIE. Obtenido de [https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-05-12\\_10-37-03134390.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-05-12_10-37-03134390.pdf)
- Meza, E., Barrientos, A., Rodriguez, J., & Reyes, M. (2010). *Determinación de tamaño de muestra de características del xilema de brote de aguacate mediante remuestreo*. Pesq. agropec. bras., Brasília. Obtenido de <https://www.scielo.br/pdf/pab/v45n12/v45n12a26.pdf>
- Ministerio del Ambiente Perú. (2016). *APRENDE A PREVENIR LOS EFECTOS DEL MERCURIO* (Vol. 3). Lima: Gráfica39 S. A. C. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>
- Miranda, M., & Condal, A. (2003). *Importancia del análisis estadístico exploratorio en el proceso de interpolación espacial: caso de estudio Reserva Forestal Valdivia*. Bosque (Valdivia). Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002003000200004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002003000200004)
- Moreno, J., & Roger, L. (2015). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE RURAL- CENTRO POBLADO DE PARIÁ WILLCAHUAIN -INDEPENDENCIA*. ANCASH: UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYO LO. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1180/T%20204%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Núñez, C., & Barrientos, A. (2006). *Estimación de la variabilidad interna de muestras poblacionales, mediante análisis de componentes principales*. INCI. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001100006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001100006)
- OMS. (14 de Junio de 2019). *Agua*. Obtenido de who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

- Oram, B. (2014). *Water Research Center*. Obtenido de Water Research Center: <https://water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>
- Ordoñez, J. (2011). *Agua Subterráneas - Acuíferos*. Lima: SENAMHI. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/cuenca\\_hidrologica.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf)
- Osada, J., Rojas, J., & Vidal, L. (2012). *Distribución Normal ¿Es tan frecuente como parece?* Lima: Rev Med Chile. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v140n4/art21.pdf>
- Pacheco, R. (2007). *Proyecto de riego para aspersión para la comuna de San Ramon provincia de Cotopaxi*. Sangolqui.
- Pasántez, J. (2014). *ESTUDIO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE EMPRESAS MINERAS*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20202/1/TESIS.pdf>
- Peña, D. (2018). *EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL LAGO DE MORONA COCHA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN RIBEREÑA IQUITOS-2018*. Iquitos: UNAP. Obtenido de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5802/Diana\\_tesis\\_titulo\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5802/Diana_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Perdomo, E. (2016). *MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y SU USO EN CONTEXTO. MANIZALES: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/56261/1/10293954.2016.pdf>
- Pérez, A., & Rodríguez, A. (2008). *Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación*. Costa Rica: Rev. Biol. Trop. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>
- Pis, M., Delgado, G., Pozo, M., Nuñez, M., Medell, M., Rico, O., . . . Martínez, Y. (2015). *Caracterización del agua y sedimento de una estación de cultivo de Claria gariepinus en Cuba*. Malaga: Revista Electrónica de Veterinaria. Obtenido de <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/11229/Mar%C3%ADa%20Aurora%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20del%20agua%20y%20sedimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Porras, A. (2019). *Recordando las medidas de tendencia central, de dispersión y de la forma*. Mexico: Esq. Chemax. Obtenido de <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/161/1/17-Recordando%20las%20Medidas%20de%20Tendencia%20Central%2C%20de%20Dispersi%C3%B3n%20y%20de%20la%20Forma%20->

%20%20Diplomado%20en%20An%3%A1lisis%20de%20Informaci%3%B3n%20Geoespacial

- Pozo, C., & Velasteguí, R. (2012). *FITORREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO. SALCEDO– COTOPAXI*. Ambato: UTA. Obtenido de <http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/130/140/1093.pdf>
- Prez, A., & Rodríguez, A. (2008). *Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación*. San José: Universidad de Costa Rica. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>
- REA. (2020). *Real Academia Española*. Madrid. Obtenido de <https://www.rae.es/search/node/agua>
- Reascos, B., & Yar, B. (2010). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LAS COMUNIDADES DEL CANTÓN COTACACHI Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS*. Ibarra: UTN.
- Reguant, M., Vila, R., & Torrado, M. (2018). *La relación entre dos variables según la escala de medición con SPSS*. Barcelona: Reire. Obtenido de <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/148185/1/682741.pdf>
- Reinoso, D. (2016). *EVALUACIÓN DE CEPAS BACTERIANAS RESISTENTES A METALES PESADOS EN LA ZONA DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO AMBATO CON POTENCIAL BIORREMEDIADOR*. Cevallos: UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24432/1/Tesis-143%20%20Ingenier%3%ADa%20Agron%3%B3mica%20-CD%20448.pdf>
- Rodríguez, F. (2006). *CUENCAS HIDROGRÁFICAS, DESCENTRALIZACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL PARTICIPATIVO*. Costa Rica: InterSedes. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
- Rueda, R., De los Santos, A., Fuentes, A., & Gabriel, G. (2014). *Toxicidad letal y subletal del fosfato de sodio dibásico y efectos en branquias y conducta de las crías del pez goodeido *Skiffia multipunctata**. Hidrobiológica. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v24n3/v24n3a4.pdf>
- Sanchez, C. (2019). *Análisis espacio temporal de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada las delicias, cerros orientales de Bogotá*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15060/1/2019-analisis\\_fisicoquimico\\_quebrada.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15060/1/2019-analisis_fisicoquimico_quebrada.pdf)
- Serna, J. (2018). *PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN CUERPOS DE*

*AGUAS SUPERFICIALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13166/1/SernaMosqueraJorgeAntonio2018.pdf>

- Soluciones Medioambientales y Aguas, S. (20 de Noviembre de 2015). *Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua*. Obtenido de [www.smasa.net/blog](http://www.smasa.net/blog): <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/sustancias-contaminantes-y-sus-efectos-en-la-calidad-del-agua>
- Sotomayor, F., Villagra, V., Cristaldo, G., Silva, L., & Ibañez, L. (2013). *Determinación de la calidad microbiológica de las aguas de pozo artesiano de distritos de los departamentos Central, Cordillera y municipio Capita*. Asunción-Paraguay: Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. Obtenido de <http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v11n1/v11n1a02.pdf>
- Toasa, F. (2012). *VALIDACION DE LOS METODOS DE ENSAYO PARA FENOLES, TENSOACTIVOS, SOLIDOS SUSPENDIDOS Y TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS)*. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>
- Torres, C. (2018). *Planteamiento de una metodología para el cálculo de un índice de calidad del agua para el río Machángara, Cuenca alta del río Guayllabamba*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19498/1/CD-8898.pdf>
- Torres, P., Cruz, H., & Patiño, P. (2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA*. Medellín: Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/riium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- TULSMA. (2015). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito: Cep. Obtenido de [http://suiia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108?fbclid=IwAR0eRVAvYeT1\\_f0JhZDcD4A\\_GNFu6jtxeQgEbkeT9cZlQdDjDrGOryVFTxw](http://suiia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108?fbclid=IwAR0eRVAvYeT1_f0JhZDcD4A_GNFu6jtxeQgEbkeT9cZlQdDjDrGOryVFTxw)
- Valcarcel, L., Alberro, N., & Frías, D. (2009). *El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos*. La Habana, Cuba: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Obtenido de <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>
- Vargas, C. (2010). *Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamientos de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes*. Costa

Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Obtenido de  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3225/1/31602.pdf>

Vásquez, W., Talavera, M., & Inga, M. (2015). *EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEBIDO A LA PRODUCCIÓN SEMI INTENSIVA DE TRUCHA (Oncorhynchus mykiss) EN JAULAS FLOTANTES EN LA LAGUNA ARAPA - PUNO*. Puno: Rev Soc Quím Perú. Obtenido de  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n1/a03v82n1.pdf>

Villacreses, K. (2015). *LA HUELLA HÍDRICA DEL RÍO CUTUCHI Y EL DERECHO AL ACCESO SEGURO Y PERMANENTE A ALIMENTOS SANOS, SUFICIENTES Y NUTRITIVOS EN LA ZONA DEL CANAL LATACUNGA SALCEDO AMBATO*. Ambato: UTA. Obtenido de  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11197/1/FJCS-DE-833.pdf>

Villena, J. (2018). *CALIDAD DEL AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. Lima: Rev Peru Med Exp Salud Publica. Obtenido de  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v35n2/a19v35n2.pdf>

## ANEXOS

## ANEXO 1- CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA

**Tabla 15.** TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

<b>TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
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 hexavelente	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

Elaborado por: TULSMA, 2015

**Tabla 16.** TULSMA, Libro VI, Anexo 1, TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y ESTUARIOS

<b>TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y ESTUARIOS</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>	
			<b>Agua dulce</b>	<b>Agua marina y de estuario</b>
Aluminio (1)	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total (2)	NH <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub>	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	mg/l	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	mg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organoflorados totales	Organoflorados totales	mg/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	Unid pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

**Elaborado por:** TULSMA, 2015

**TABLA 17:** TULSMA, Libro VI, Anexo 1, TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA

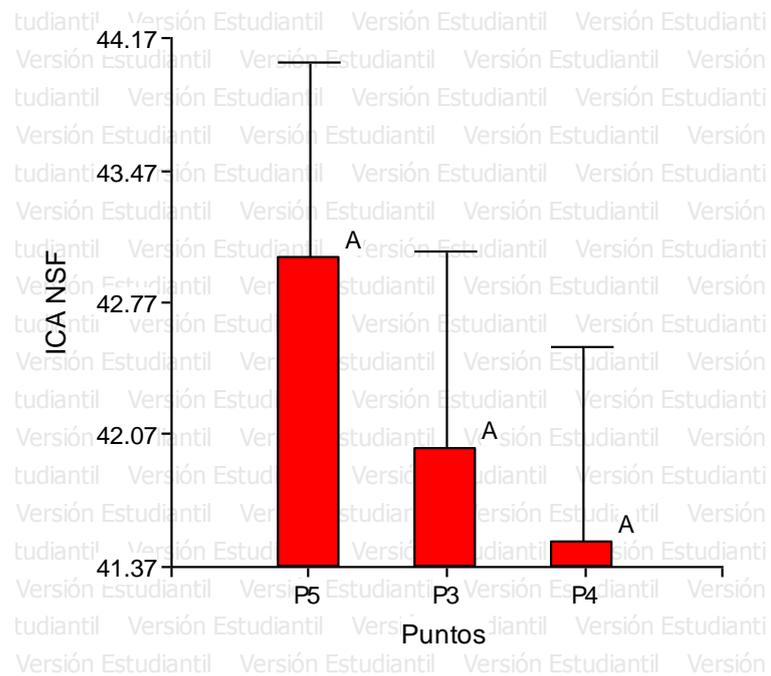
<b>TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	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 <sub>2</sub>	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 <sub>4</sub> -2	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

**Elaborado por:** TULSMA, 2015

## ANEXO 2- ANOVA

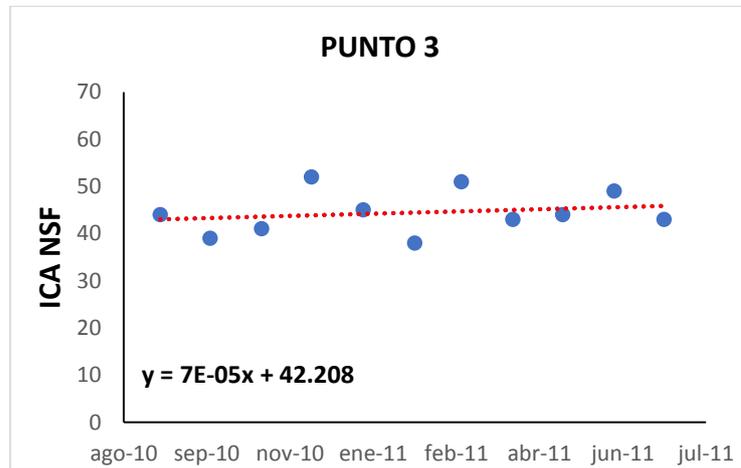
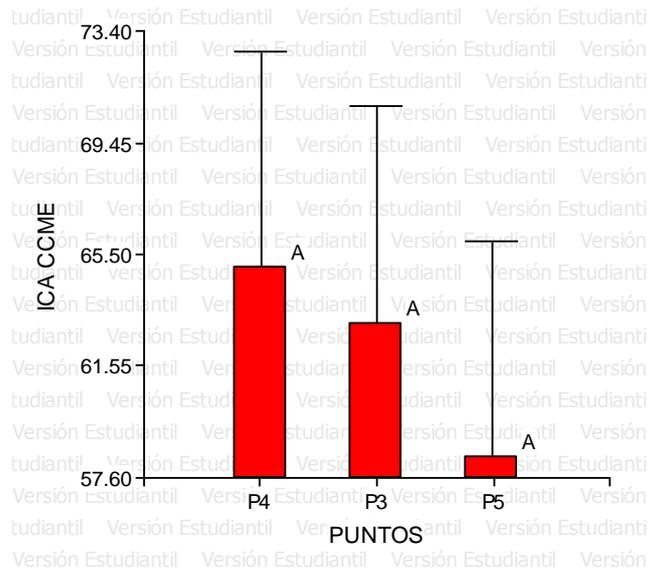
### Prueba de Tukey ICA NSF

PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 5	43.00	2	1.04	A
PUNTO 3	42.00	2	1.04	A
PUNTO 4	41.50	2	1.04	A



### Prueba de Tukey ICA CCME

PUNTOS	MEDIAS	N	E. E	
PUNTO 4	65.02	2	7.66	A
PUNTO 3	63.07	2	7.66	A
PUNTO 5	58.32	2	7.66	A



**ANEXO 2- AVAL DEL TRADUCTOR****CENTRO DE IDIOMAS*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la facultad de **CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: MENA MAISINCHO EIMER GREGORIO**, cuyo título versa **"EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

  
Mg. Diana Karina Tappe Vergara  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 1720080934



## Hoja de vida



### DATOS PERSONALES:

**APELLIDOS:** Mena Maisincho  
**NOMBRES:** Eimer Gregorio  
**DIRECCIÓN:** Latacunga/ San Felipe / 10 de Agosto y Uruguay  
**TELÉFONO:** 032252878 / 0984335762  
**ESTADO CIVIL:** Soltero  
**EDAD:** 22  
**NACIONALIDAD:** Ecuatoriano  
**CEDULA DE IDENTIDAD:** 0550060750  
**CORREO ELECTRÓNICO:** [eimermena1997@hotmail.com](mailto:eimermena1997@hotmail.com)

### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** Escuela Simón Bolívar  
Latacunga-Ecuador  
  
**SECUNDARIA:** Colegio de Bachillerato Primero de Abril  
Latacunga-Ecuador  
**TITULO:** Ciencias  
  
**SUPERIOR** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
Latacunga-Ecuador  
**ESPECIALIDAD** INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE  
**NIVEL** NOVENO SEMESTRE

### CURSOS REALIZADOS

**LUGAR:** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
**CERTIFICADO:** CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
**DURACIÓN:** 40 HORAS  
  
**LUGAR:** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
**CERTIFICADO:** I SEMINARIO INTERNACIONAL EN FISCALIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL  
**DURACIÓN:** 40 HORAS  
  
**LUGAR:** GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE COTOPAXI  
**CERTIFICADO:** SUJETOS DE CONTROL EN PLANES DE MANEJO AMBIENTAL  
**INFORMES** PLANES DE ACCIÓN, PLANES DE EMERGENCIA, DE CUMPLIMIENTO Y AUDITORÍAS EN EL CANTÓN LATACUNGA, ENFOCADO EN LA EDUCACIÓN SOBRE  
**LOS**

DURACIÓN:	PROBLEMAS DE CAMBIO CLIMÁTICO 40 HORAS
LUGAR: CERTIFICADO: DURACIÓN:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI TALLER DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO 40 HORAS
LUGAR: CERTIFICADO: DURACIÓN:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI I JORNADAS DE DIFUSIÓN AMBIENTAL 40 HORAS
LUGAR: PROVINCIAL	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  DE COTOPAXI
CERTIFICADO: DURACIÓN:	SEMINARIO NACIONAL AMBIENTAL 16 HORAS
LUGAR: CANTÓN	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  SALCEDO
CERTIFICADO:  DURACIÓN:	PROYECTOS DE DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS 40 HORAS
LUGAR: CERTIFICADO: AMBIENTAL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEMINARIO DE CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL
LUGAR: CANTÓN	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  SALCEDO
CERTIFICADO:	LOS JUEGOS DEL RECICLAJE “THE RECICLAJE GAMES”
LUGAR: CANTÓN	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  SALCEDO
CERTIFICADO:	ARTE EN RECICLAJE
LUGAR: CERTIFICADO:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FERIA UTCIENCIA 2018, CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL PUEBLO
LUGAR: CERTIFICADO:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FERIA UTCIENCIA 2018 CON EL PROYECTO CALIDAD DE AGUA

**PASANTÍAS REALIZADAS**

LUGAR:

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL

CANTÓN

PUJILÍ

CERTIFICADO:

PRACTICAS PRE PROFESIONALES EN LA DIRECCIÓN DE  
GESTIÓN AMBIENTAL/ UNIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS

DURACIÓN:

482 HORAS

**REFERENCIAS PERSONALES**

Ing. Gabriela Ibañez

Telefono:

0982367120

Dr. Daniel Maisincho

Telefono:

0982367120

Ing. Mishell Rocha

Telefono:

0982854920

## HOJA DE VIDA



### 1. DATOS PERSONALES

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

Nº	Nombre del proyecto	Institución	Año
1	Estudio técnico de la calidad de agua y uso potencial agrícola de la quebrada Tiliche, barrio Planchaloma La Merced	Junta de agua de riego Tiliche	2017
2	“Estudio Hidrológico de la cuenca alta del río Guayas, para el sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí, Chimborazo”	GAD de Chimborazo	2017
3	Estudio Hidrológico del Sistema de Riego Chambo Guano	Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chambo-Guano- Chimborazo	2012
4	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua	2012
5	Facilitador en Agropecuaria Orgánica: Programa “Soy Emprendedor”	GAD de Chimborazo	2012

## 4. CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

### 4.1 Cursos y Seminarios

Nº	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

Nº	Congresos (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	1st International Workshop on the Environment and Climate Change: Towards a Resilient Future For Exosystems (ICEC 2019)	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	11/2019	11/2019
2	III Convención Científica Internacional UTM 2019	Universidad Técnica de Manabí	10/2019	10/2019
3	VI Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	11/2018	11/2018
4	Congreso: Ecosistemas Acuáticos Tropicales en el Antropoceno- ACUATROP	Universidad San Francisco de Quito, la Universidad de las Américas, la Red Macrolatinos, Society for Freshwater Science, la Asociación Ecuatoriana de Limnología, y la Sociedad de Odonatología Latinoamericana	07/2018	07/2018
5	Curso-Taller de “Estadística para Recursos Naturales”	Universidad Técnica de Cotopaxi	04/18	05/2018
6	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	12/207	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
		La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas		

10	IV Congreso REDU	Politécnicas para Investigación y postgrado	12/2016	12/2016
11	XV Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	08/2014	08/2014

## 5. PUBLICACIONES

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

## 6. IDIOMAS

No.	IDIOMA	HABLADO %	ESCRITO %	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