



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES
(MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”**

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

Autores:

Cedeño Santos Angie Pierina

Romero Moreno Bryan David

Tutor:

Clavijo Cevallos Manuel Patricio M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cedeño Santos Angie Pierina, con cédula de ciudadanía N°. 1726057548; y, Romero Moreno Bryan David, con cédula de ciudadanía N°. 2300390453; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”**, siendo Clavijo Cevallos Manuel Patricio M.Sc., Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 05 de marzo del 2021

.....

Angie Pierina Cedeño Santos
Estudiante

CC: 1726057548

.....

Bryan David Romero Moreno
Estudiante

CC: 2300390453

.....

Manuel Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.
Docente Tutor

CC: 0501444582

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 Cedeño Santos Angie Pierina con cédula de ciudadanía No. 1726057548, de estado civil **soltera**, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga Ph.D., en calidad de Rector encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Determinación de la calidad del agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el río Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020 - 2021**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. - Inicio de la carrera: abril 2016 - agosto 2016 – **Finalización de la carrera:** octubre 2020 – marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo. - 26 de enero del 2021

Tutor: Clavijo Cevallos Manuel Patricio M.Sc.

Tema: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, en base 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 solicite. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de marzo del 2021.

.....
Angie Pierina Cedeño Santos

LA CEDENTE

.....
Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga Ph.D.

LA CESIONARIA

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 Romero Moreno Bryan David con cédula de ciudadanía No. 2300390453, de estado civil **soltero**, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga Ph.D., en calidad de Rector encargado 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 **“Determinación de la calidad del agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el río Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020 - 2021”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. - Inicio de la carrera: abril 2016 - agosto 2016 – **Finalización de la carrera:** octubre 2020 – marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo. - 26 de enero del 2021

Tutor: Clavijo Cevallos Manuel Patricio M.Sc.

Tema: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”

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 y prohibir:

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

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **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 la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notariada la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, en base 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 solicite. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de marzo del 2021.

.....
Bryan David Romero Moreno

EL CEDENTE

.....
Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”, de Cedeño Santos Angie Pierina y Romero Moreno Bryan David, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 05 de marzo del 2021

Firmado digitalmente por MANUEL PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS

Nombre de reconocimiento (DN): cn=MANUEL PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS, serialNumber=161120215701, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC

Fecha: 2021.02.23 11:57:55 -05'00'

Versión de Adobe Acrobat Reader: 2021.001.20140

.....
Manuel Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.

DOCENTE TUTOR

CC: 0501444582

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, los postulantes: Cedeño Santos Angie Pierina y Romero Moreno Bryan David, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021”**, han 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, 05 de marzo del 2021

.....

Lector 1

Ing. José Luis Ágreda Oña Mg.

CC: 0401332101

.....

Lector 2

Ing. Oscar René Daza Guerra Mg.

CC: 0400689790

.....

Lector 3

Ing. Jaime René Lema Pillalaza Mg.

CC: 1713759932

AGRADECIMIENTO

Esta tesis de grado y el resultado de mi formación, agradezco a Dios por haber guiado mi camino a lo largo de todo este tiempo, cuidándome y bendiciéndome en todo momento, agradezco a mis padres; Vicente Cedeño y Jasmina Santos por el apoyo incondicional que me brindaron en todo el trayecto universitario, a mis hermanos Alejandro y Jason por los ánimos y las palabras de aliento que me brindaron para poder alcanzar esta meta, a mis dos ángeles del cielo; Mariana y Luciola por su amor incondicional, cuidado y sus bendiciones, a mis demás familiares; abuelos, primos, primas, tíos y tías por las palabras de aliento.

A mis amigos por brindarme una amistad incondicional, donde estuvieron conmigo en los malos y buenos momentos, con los cuales compartí los mejores años universitarios y agradeciendo a Dios por ponérmelos en mi camino y que formen parte de mi vida.

Agradezco a mis docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por dejarme sus conocimientos en cada una de las aulas recorridas en la Universidad, brindado su apoyo y su amistad en momentos de dificultad, al Mg. José Luis Ágreda por compartir sus conocimientos y tener una amistad incondicional, y Ing. Paolo Chasi por apoyarme cuando he requerido de su ayuda y brindarme su amistad sin condiciones.

Angie Cedeño

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis se lo dedico a Dios ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres Vicente y Jasmina quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento, dándome consejos para hacer de mí una mejor persona y que sin ellos no hubiera logrado convertirme en una profesional, a mis hermanos Alejandro y Jason por sus palabras y compañía, a la memoria de mis dos ángeles de cielo Mariana y Luciola por su amor incondicional, sus cuidados y engreimientos, a mis abuelos Vicente y Gavino por su cariño sus buenos consejos y enseñanzas, demás familiares; a mis tías, tíos, primas, primos por sus palabras de aliento para no rendirme en este proyecto.

A mis docentes por el tiempo y el esfuerzo de compartir sus conocimientos brindados en el transcurso de la carrera, a la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial a la carrera de Ingeniería Ambiental por permitirme ser parte de esta prestigiosa institución y poder realizar mis sueños de convertirme en una profesional.

Angie Cedeño

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero dar gracias a Dios, por haberme acompañado no solo en este proceso académico, si no por haber estado conmigo siempre en los buenos y malos momentos. Gracias Señor por haber escuchado mis oraciones, peticiones y hoy gracia a ello tengo la dicha de festejar este logro tan importante en mi vida

Quiero agradecer a mis formadores, personas de gran sabiduría que se han esforzado y me han trasmitido sus conocimientos, y a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para formarme como profesional.

Bryan Romero

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi madre por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Tus sus consejos y enseñanzas las aplico cada día, en si tengo mucho por agradecerte, tu presencia en cada etapa de mi vida ha sido importante porque has sido la persona que me motivaba a seguir siempre adelante.

A mi hija Valery que fue mi inspiración y mi motor en todo momento para salir adelante y además a mis hermanas y hermanos por todo el apoyo incondicional que me han brindado siempre, gracias por ese amor y ese cariño que me han demostrado y que me ha servido como inspiración para armarme de valor y superar innumerables obstáculos que la vida nos pone, gracias por formar parte de mi vida y hacer que cada uno de mis días tenga sentido.

Bryan Romero

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2020 – 2021.

AUTORES:

Cedeño Santos Angie Pierina

Romero Moreno Bryan David

RESUMEN

La industrialización de la parroquia Aláquez aparte del desarrollo económico que ha generado para esta zona, también ha contribuido con la contaminación del recurso hídrico, y ha surgido una necesidad por parte de la colectividad de saber la calidad del agua que está siendo utilizada para actividades de riego, constituyendo un potencial peligro al incluir en la cadena trófica diversos contaminantes de origen fitosanitario, orgánico e inorgánico. El presente proyecto está dirigido a evaluar el recurso hídrico a través de la presencia de los diversos bioindicadores como son los macroinvertebrados. La metodología usada para cumplir con el objetivo propuesto fue calcular los índices tales como: BMWP/col, ABI, EPT, ICA y SHANNON WEAVER, estos índices aprovechan datos como la abundancia de especies, las familias de los macroinvertebrados, los parámetros físicos - químicos y microbiológicos y, la biodiversidad de los individuos encontrados en la zona. Para realizar un estudio representativo se dividió a la microcuenca del río Aláquez en tres segmentos; afloramiento, cauce medio y desembocadura, para cada zona se hizo un muestreo en los meses de noviembre, diciembre y enero con el objetivo de comparar resultados para establecer la condición en el que se encuentra el recurso agua. A su vez se encontró que el caudal tiene relación con la abundancia de individuos, ya que, a mayor caudal, existe menor cantidad de macroinvertebrados, por ende, los índices biológicos a menor cantidad de familias presentan una puntuación baja que significa que la calidad del agua va a estar en un rango de “aguas contaminadas” tal es el caso del río Aláquez, donde el estado actual del agua no se encuentra en buenas condiciones debido a las actividades antrópicas de la zona, reflejando una pobre gestión de desechos sólidos y líquidos por parte de las autoridades competentes del sector. En los tres meses de estudio se recolectó un total de 2174 individuos donde se determinó que la calidad del río en las zonas de estudio es “Crítica – Muy

Crítica” con una diversidad “Poca - Media” según los índices ya mencionados, el índice ICA corroboró la información de los bioindicadores al tener la calidad del agua “Buena – Regular - Mala”, y los parámetros físicos - químicos y microbiológicos analizados en el laboratorio para el mes de noviembre en el zona del cauce medio y la desembocadura no cumplieron las condiciones del Oxígeno disuelto debido a la presencia de gran cantidad de materia orgánica que consume este elemento para su biodegradación, los demás parámetros analizados estuvieron acorde a la Normativa Ambiental vigente.

Palabras Claves:

Aguas residuales, Biodiversidad, Calidad del agua, ICA, Índices Biológicos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: DETERMINATION OF WATER QUALITY BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE ALÁQUEZ RIVER, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2020 – 2021.

AUTHORS:

Cedeño Santos Angie Pierina

Romero Moreno Bryan David

ABSTRACT

The industrialization of the Aláquez parish, apart from the economic development that it has generated for this area, has also contributed to the contamination of the water resource, and a need has arisen on the part of the community to know the quality of the water that is being used for water activities. irrigation, constituting a potential danger by including various pollutants of phytosanitary, organic, and inorganic origin in the trophic chain. This project is aimed at evaluating the water resource through the presence of various bioindicators such as macroinvertebrates. The methodology used to meet the proposed objective was to calculate the indices such as: BMWP / col, ABI, EPT, ICA and SHANNON WEAVER, these indices take advantage of data such as the abundance of species, the families of macroinvertebrates, the physical-chemical parameters and microbiological and, the biodiversity of the individuals found in the area. To carry out a representative study, the Aláquez River micro-basin was divided into three segments; outcrop, middle channel, and mouth, for each area a sampling was made in the months of November, December, and January to compare results to establish the condition of the water resource. At the same time, it was found that the flow is related to the abundance of individuals, since the higher the flow, there is less macroinvertebrates, therefore, the biological indices with fewer families present a low score that means that the quality of the Water will be in a range of “polluted waters” such is the case of the Aláquez River, where the current state of the water is not in good condition due to anthropic activities in the area, reflecting poor solid and liquid waste management by the competent authorities of the sector. In the three months of study, a total of 2174 individuals were collected where it was determined that the quality of the river in the study areas is "Critical - Very Critical" with a diversity "Little - Medium" according to the aforementioned indices, the ICA index corroborated the

information of the bioindicators by having the water quality "Good - Fair - Bad", and the physical-chemical and microbiological parameters analyzed in the laboratory for the month of November in the area of the middle channel and the mouth did not meet the conditions of dissolved Oxygen due to the presence of a large amount of organic matter that consumes this element for its biodegradation, the other parameters analyzed were in accordance with current Environmental Regulations.

Keywords:

Wastewater, Biodiversity, Water Quality, ICA, Biological Indices.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xxiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
5. OBJETIVOS	6
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	8
7.1. El Agua.....	8
7.1.1. Calidad del agua.....	8
7.1.2. Contaminación del agua.....	9
7.1.3. Principales contaminantes del agua.	11
7.2. Bioindicadores	13
7.2.1. Bioindicadores de la calidad del agua.....	14

7.2.2.	Macroinvertebrados acuáticos.	15
7.2.3.	Los macroinvertebrados como bioindicadores.	16
7.2.4.	Importancia de los macroinvertebrados acuáticos.....	17
7.2.5.	Hábitat y Locomoción.	17
7.2.6.	Macroinvertebrados Bentónicos.	18
7.3.	Índices de Calidad del Agua.....	18
7.3.1.	Índices Biológicos.	18
7.3.2.	Parámetros de calidad de agua.....	27
8.	MARCO LEGAL	33
8.1.	Constitución de la Republica del Ecuador.....	33
8.2.	Código Orgánico Del Ambiente	33
8.3.	Reglamento del Código Orgánico Ambiental.....	35
9.	HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS	36
10.	MÉTODOS-TÉCNICAS-INSTRUMENTOS	36
10.1.	Métodos.....	36
10.1.1.	Método analítico.	36
10.1.2.	Método cualitativo y cuantitativo.....	37
10.1.3.	Método Inductivo.....	38
10.2.	Técnicas.....	39
10.2.1.	Técnica documental.	39
10.2.2.	Técnica de campo.	39
10.2.3.	Técnica de captura de bentos con tamiz.....	39
10.2.4.	Técnica de laboratorio.	39
11.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
11.1.	Descripción de área de estudio.....	41
11.2.	Ubicación del estudio	41

11.3.	Descripción del sitio de estudio.....	42
11.3.1.	Características Biofísicas.....	42
11.3.2.	Características Climáticas.....	43
11.4.	Fase de campo.....	43
11.4.1.	Muestreo de macroinvertebrados	43
11.4.2.	Técnica de muestreo en zonas del litoral poco profundo de mayor energía ..	43
11.4.3.	Procedimiento de Muestreo de Macroinvertebrados.....	44
11.4.4.	Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico - Químico y Microbiológico.	44
11.4.5.	Procedimiento de Muestreo de Agua.....	45
11.4.6.	Diseño Experimental	45
12.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
13.	DISCUSIÓN	59
14.	RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	62
15.	IMPACTOS (SOCIAL, AMBIENTAL O ECÓNOMICO	64
15.1.	Impacto Social	64
15.2.	Impacto Ambiental	64
15.3.	Impacto Económico.....	64
16.	CONCLUSIONES.....	65
17.	RECOMENDACIONES	66
18.	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios Directos e Indirectos del Proyecto.....	4
Tabla 2. Matriz de actividades por Objetivos	7
Tabla 3. Valor de Tolerancia de las diferentes Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Cálculo del Índice BMWP	19
Tabla 4. Clases de Calidad de Agua Valores BMWP y Colores para representar el Índice...20	20
Tabla 5. Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la propuesta del Índice ABI.....	21
Tabla 6. Puntajes para Calidad del Agua según el Índice ABI	22
Tabla 7. Clasificación de la Calidad de Agua según el Índice EPT	23
Tabla 8. Evaluación de Diversidad según Shannon Weaver	24
Tabla 9. Clasificación del ICA	26
Tabla 10. Coordenadas Geográficas del río Aláquez	43
Tabla 11. <i>Resultados de la Calidad de agua del río Aláquez correspondiente al mes de noviembre</i>	47
Tabla 12. <i>Resultados de la Calidad de Agua del río Aláquez Correspondiente al mes de diciembre</i>	49
Tabla 13. <i>Resultados de la Calidad de agua del río Aláquez correspondiente al mes de enero</i>	51
Tabla 14. <i>Comparación de los resultados Físicos – Químicos y Microbiológicos</i>	53
Tabla 15. Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero.....	56
Tabla 16. <i>Número de especies encontradas en el mes de noviembre en el Parque Nacional Cotopax</i>	73
Tabla 17. <i>Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Quebrada Gallinazohuaicu</i>	74
Tabla 18. <i>Número de especies encontradas en el mes de noviembre en el sector La Matriz.</i>	75
Tabla 19. <i>Número de especies encontradas en el mes de diciembre en el Parque Nacional Cotopaxi</i>	76
Tabla 20. <i>Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Quebrada Gallinazohuaicu</i>	77
Tabla 21. <i>Número de especies encontradas en el mes de diciembre en el sector La Matriz..</i>	78
Tabla 22. <i>Número de especies encontradas en el mes de enero en el Parque Nacional Cotopaxi</i>	79

Tabla 23. <i>Número de especies encontradas en el mes de enero en la Quebrada Gallinazohuaicu</i>	80
Tabla 24. <i>Número de especies encontradas en el mes de enero en La Matriz</i>	81
Tabla 25. <i>Descripción y registro fotográfico de macroinvertebrados recolectados.</i>	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Mapa de ubicación de los puntos de muestreo del río Aláquez</i>	41
Ilustración 2. <i>Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia</i>	48
Ilustración 3. <i>Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia.</i>	50
Ilustración 4. <i>Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia</i>	52
Ilustración 5. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en el Parque Nacional Cotopaxi</i>	86
Ilustración 6. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en la Quebrada Gallinazohuaicu</i>	87
Ilustración 7. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en La Matriz</i>	88
Ilustración 8. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en el Parque Nacional Cotopaxi</i>	89
Ilustración 9. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en la Quebrada Gallinazohuaicu</i>	90
Ilustración 10. <i>Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en La Matriz</i>	91
Ilustración 11. <i>Resultados generales del Índice ICA de los meses de noviembre, diciembre y enero</i>	92
Ilustración 12. <i>Barras de resultados de los puntos de muestreo correspondiente a los meses de noviembre y diciembre</i>	93
Ilustración 13. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Parque Nacional Cotopaxi correspondiente al mes de noviembre punto 1</i>	94
Ilustración 14. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Quebrada Gallinazohuaicu correspondiente al mes de noviembre punto 2</i>	94
Ilustración 15. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del sector La Matriz correspondiente al mes de noviembre punto 3</i>	95
Ilustración 16. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Parque Nacional Cotopaxi correspondiente al mes de diciembre punto 1</i>	95
Ilustración 17. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Quebrada Gallinazohuaicu correspondiente al mes de diciembre punto 2</i>	96

Ilustración 18. <i>Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del sector La Matriz correspondiente al mes de diciembre punto 3.</i>	96
Ilustración 19. <i>Medición del caudal</i>	97
Ilustración 20. <i>Recolección de Macroinvertebrados en el río Aláquez</i>	97
Ilustración 21. <i>Identificación de los Macroinvertebrados en el laboratorio</i>	98

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2020”

Fecha de inicio:

25 de mayo del 2020

Fecha de finalización:

15 de marzo del 2021

Lugar de ejecución:

Parroquia Aláquez - Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi - Zona 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación de Sostenibilidad Ambiental en Cuencas Hidrográficas de la Provincia de Cotopaxi.

Equipo de Trabajo:**Coordinador de Proyecto de Investigación.**

- M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Equipo investigador

- Cedeño Santos Angie Pierina
- Romero Moreno Bryan David

Lectores de Proyecto de Investigación

- Mg. Ágreda Oña José Luis (Lector 1)
- Ing. Daza Guerra Oscar René (Lector 2)
- Ing. Lema Pillalaza Jaime René (Lector 3)

Área de Conocimiento:

Ambiente – Recursos Hídricos

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo y conservación de la biodiversidad

Línea de Vinculación:

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La contaminación se ha convertido en un problema visible y cotidiano. Las actividades industriales de distinto orden y las aguas servidas que se arrojan desde las ciudades sin ningún tratamiento son las mayores fuentes de contaminación de los recursos hídricos.

Campaña K et al. (2011) manifiesta que: “La convivencia de animales de pastoreo junto a las fuentes hídricas y prácticas inadecuadas de uso provocan contaminación. Las actividades productivas de más fuerte impacto contaminante son la minera - petrolera, industrial y agroindustrial, por el excesivo uso de agrotóxicos”.

Desde los años 90, la contaminación del agua se ha visto en aumento en casi todos los ríos de América Latina, África y Asia, se proyecta que la calidad del agua se deteriore más en las próximas décadas, lo que aumentará las amenazas para la salud humana y el medio ambiente.

A nivel mundial, el contenido de materia orgánica en forma de lípidos, ácidos grasos, carbohidratos y proteínas repercuten en el crecimiento desmedido de los microorganismos presentes en el líquido vital, generando problemas a nivel sanitario y de disponibilidad de oxígeno disuelto creando ambientes precarios para el desarrollo de la fauna y flora acuática.

La ONU (2019) establece que:

Cientos de productos químicos afectan también a la calidad del agua. Se espera que los mayores aumentos en la exposición a contaminantes se den en los países bajos y medianos ingresos, debido principalmente a un mayor crecimiento demográfico y económico y a la falta de sistemas de gestión de aguas residuales.

Hoy en día los problemas ocasionados por el consumo de agua de mala calidad son evidentes y más aún en las últimas décadas donde la contaminación del recurso hídrico ha tenido una progresión ascendente, por ende, según el (INEC et al., 2018) establece que “La calidad de agua en el Ecuador más del 12% de los ecuatorianos no poseen agua de calidad para su consumo.”

Por lo que viene siendo esta la principal fuente de enfermedades en nuestro país, por ello es importante realizar una adecuada vigilancia ambiental en lo que respecta a la calidad de agua presente en los ríos, lagos, océanos y cualquier fuente que se use para la agricultura y consumo humano.

El aporte del presente proyecto fue determinar el grado de contaminación que presenta el río Aláquez, ya que se obtuvo datos fiables que puedan contribuir con la toma de decisiones a las autoridades competentes encargadas, con la finalidad de dar solución a la problemática sanitaria, como también impulsar al desarrollo de políticas que ayuden a su conservación, así como el planteamiento de alternativas de remediación.

De esta manera con los análisis realizados en el río Aláquez, se proyecta beneficiar directamente a la población de la parroquia Aláquez e indirectamente a la provincia de Cotopaxi. El desarrollo de este proyecto permitió no solo indagar en las posibles soluciones para mitigar los impactos ambientales hacia el recurso hídrico, sino que además contribuyó con la vinculación de la Universidad Técnica de Cotopaxi con futuros proyectos que se realicen en la Parroquia Aláquez ya que es importante el desarrollo de los procesos de vinculación con la sociedad donde se orienten sus conocimientos y capacidades por medio de estos proyectos de investigación y tomen iniciativas para dar soluciones a los problemas ambientales, sociales y económicos para de esta manera trabajar en conjunto la Universidad con la sociedad.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Beneficiarios Directos e Indirectos del Proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Población Parroquia Aláquez		Población Provincia de Cotopaxi	
Hombres	2.625	Hombres	198.625
Mujeres	2.856	Mujeres	210.580
Total	5.481	Total	409.205

Nota: *Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010)*

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los altos niveles de contaminación en los últimos años han conllevado a diversos problemas ambientales ocasionados por la intervención antrópica. La necesidad del hombre, por vivir en un ambiente sano ha hecho que los recursos naturales se vean afectados por la contaminación, y a esto sumarle una precaria aplicación de la gestión ambiental en la realización de diversas actividades productivas, ha hecho que el recurso hídrico sea uno de los elementos abióticos de más preocupación actualmente.

Arcos Pulido et al., (2005) establece que “El crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado los niveles de contaminación. Esta, está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua” (p. 69).

Calles, J. (2018) indica que:

En Ecuador pese a los pocos estudios que se han llevado a cabo se ha podido evidenciar que los datos sobre la contaminación hídrica no están actualizados y esto ha permitido que se abran disputas acerca de la polución que existe ya que durante los últimos años las diferentes construcciones como la de canales de riego, obras de captación, sistemas de alcantarillado y de agua potable se han puesto en ejecución para reducir las descargas directamente al río, sin embargo el agua que utilizan para la elaboración de los productos por actividades industriales, domésticas y agropecuarias no ha sido satisfactoria en el recurso hídrico y por ende la mayor parte de los ríos se encuentran afectados, según las empresas de agua y ONGs, demuestran altos grados de contaminación orgánica relacionada a la presencia de coliformes fecales y sedimentos provenientes de áreas deforestadas. Velasco & Guerrero, (2014) indican que:

Las prácticas de actividades agrícolas, pecuarias, florícolas, plantaciones, industria y la implementación de lubricadoras en la parroquia Aláquez han generado un alto impacto ambiental debido al incremento descontrolado de los vertidos a las fuentes hídricas. Cabe recalcar que la parroquia carece de un sistema de alcantarillado, por lo tanto, la descarga de aguas servidas recae directamente al cauce del río, otro de los problemas es la presencia de basura en el cauce hídrico ya que no existe un adecuado manejo de los desechos sólidos.

Los escasos estudios relacionados a la contaminación de fuentes hídricas en la parroquia de Aláquez, y en la provincia de Cotopaxi, requiere la pronta generación de investigaciones que

aporten al entendimiento de las causas antrópicas que han ocasionado los impactos negativos a los recursos hídricos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Determinar la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Aláquez, Provincia Cotopaxi.

5.2. Objetivos Específicos

- Establecer puntos de muestreo que permitan la georreferenciación del área de estudio.
- Identificar la taxonomía de las diferentes especies de macroinvertebrados que se encuentren en la zona de muestreo.
- Evaluar la calidad de agua por medio de índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) para su comparación con la normativa legal vigente TULSMA (Acuerdo Ministerial 097 A)

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.

Matriz de actividades por Objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN
Establecer puntos de muestreo que permita la georreferenciación del área de estudio.	Fijación de puntos de muestreo del área de estudio mediante la utilización del GPS.	Delimitación del área de muestreo de los puntos de estudio del río Aláquez. Mapa georreferenciado de la zona de estudio.	Geolocalización de los 3 puntos de estudio con el apoyo de las herramientas del GPS y el software ARGIS. Con el GPS se obtuvo las coordenadas geográficas, mientras que con el software se elaboró el mapa de la zona de estudio.
Identificar la taxonomía de las diferentes especies de macroinvertebrados que se encuentren en la zona de muestreo.	Recolección de macroinvertebrados por el método de la red Surber en los 3 puntos determinados del área de estudio. Identificación y clasificación de los bioindicadores de calidad de agua mediante el uso de guías taxonómicas.	Preservación e identificación de las especies recolectados de macroinvertebrados presentes en los puntos de estudios seleccionados.	Reconocimiento y descripción taxonómica de los macroinvertebrados recolectados en el laboratorio identificando su orden, clase y su respectiva familia.
Evaluar la calidad de agua por medio de índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el (ICA NSF) para su comparación con la normativa legal vigente (AM 097 A).	Realización de los análisis físico - químico y Microbiológico del agua del área de estudio en el laboratorio.	Obtención de los resultados de los índices biológicos aplicados para la evaluación de la calidad de agua del río Aláquez.	Clasificación de los bioindicadores según su taxonomía donde se procedió a analizar los cálculos obtenidos en el laboratorio según los índices de calidad a ejecutar.

Nota: *Elaborado por Autores*

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. El Agua

Es esencial conocer la manera en que se comporta la estructura dinámica del agua a nivel molecular y profundizar más sobre las incógnitas de la biología y de las ciencias atmosféricas, es así como la estructura del agua racionalizada por interpretación de datos, tanto experimental como teóricos son temas de constante revisión.

Delgado, (2012) afirma que:

A pesar de la sencillez de la molécula, el agua forma líquidos, estructuras amorfas y sólidos muy complejos y hace que cualquier estructura que está conformada por agua pura, con libertad del número de moléculas que constituyan el agrupamiento, sea objeto de incesante investigación. La razón de ello es que los átomos de agua se congregan en estructuras que se descarrían, según las circunstancias, del modelo único universal de simetría tetraédrica.

Según la Secretaría Nacional del Agua (2012) establece que:

En Ecuador la mayoría de agua es destinada al riego, dando así un 80% del consumo total. Por ello es importante determinar la calidad de agua que es utilizada para los cultivos en el país. El agua utilizada para sistemas de riego no debe alterar el desarrollo de las plantas ni presentar contaminaciones químicas, para lo cual sus características físicas, químicas y microbiológicas deben mantenerse.

7.1.1. Calidad del agua.

De acuerdo con Aguilar et al., (2010):

El agua es uno de los recursos naturales más complejos de estudiar por las distintas formas en la que esta podría encontrarse (líquida, sólida y gaseosa). La variedad de actividades económicas afecta indirectamente a los sistemas acuáticos, ya que muchas actividades están ligadas a la utilización y explotación de los recursos naturales, entre ellos el agua. Además, afirma que el uso del recurso hídrico está sometido constantemente a modificaciones morfológicas de los ríos, entre ellos canales de riego o construcción de presas. Otro de los factores que influyen en la calidad del agua son los usos de suelo en las cuencas, ya que ciertas actividades como la industria, agricultura, urbanización y deforestación influyen en la calidad

del recurso alterando así los parámetros de calidad que demuestran si el agua puede ser utilizada por las diferentes actividades que se realizan con este discurso.

7.1.2. Contaminación del agua.

Arellano & Guzmán (2011), “La contaminación del agua es la presencia de sustancias u organismos extraños de un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización para un propósito determinado esta puede ser de manera natural o antropogénica.”

7.1.2.1. Causas de la contaminación del agua.

El agua tiene la capacidad de purificarse así misma sin la ayuda del hombre. Esta particularidad que posee un cuerpo de agua es limitada ya que los diferentes niveles de auto purificación están determinados por el volumen de los cuerpos de agua, la cantidad de microorganismos que viven en el agua y la variedad de sustancias contaminantes que llegan a estas. Campaña et al, (2011) afirma que:

El agua tiene la capacidad de diluir un contaminante de manera total sin que este pueda afectar a las especies que habitan el cuerpo de agua, esto es posible siempre y cuando la fuente de agua sea de gran tamaño. Otra cualidad que posee un cuerpo de agua de gran tamaño es que este contiene grandes cantidades de oxígeno, mismo que es de suma importancia para que las bacterias descompongan los contaminantes que llegan al recurso hídrico.

Las actividades antrópicas e industriales son una de las acciones causante de la contaminación de los cuerpos de agua por lo que Campaña et al, (2011) afirma que:

La contaminación de los recursos hídricos se ha convertido en una preocupación que día a día se ve más afectada por las diversas actividades industriales de distinto orden, conjuntamente con las aguas servidas que son arrojadas desde las ciudades sin ningún tipo de tratamiento, son todas estas fuentes de contaminación del recurso agua. A esto se añade la convivencia con animales de pastoreo junto a las fuentes y prácticas inadecuadas de uso, que inducen también a una contaminación a pequeña escala. Las actividades productivas como la minería-petrolera, la industria y la agroindustrial, son las actividades que más impactos contaminantes generan por el excesivo uso de agrotóxicos.

7.1.2.2. Fuentes de la contaminación del agua.

Entre las fuentes de contaminación más notables, podemos citar las siguientes:

7.1.2.2.1. Fuentes industriales.

Campañá et al, (2011) establece que:

Una de las principales causas de la contaminación del agua está sujeta a las fuentes industriales, mismas que son vertidas en los ríos y los mares grandes cantidades de sustancias nocivas, algunos desechos industriales, incluidos los metales pesados, afectando así fuentes y cauces de recursos hídricos, por accidentes, derrames y todo ello con presencia de sustancias químicas e hidrocarburos peligrosos que además generan grandes daños en el recurso suelo, causando una afectación negativa hacia los seres vivos, además de la variedad de enfermedades que afectan y atentan a las comunidades, conjuntamente con la decadencia de sus fuentes de vida tradicional.

7.1.2.2.2. Fuentes domésticas.

Las aguas residuales domésticas contienen materiales disueltos y materiales en suspensión tanto orgánico como inorgánico, según el tipo de materiales que lo conformen, para Metcalf y Eddy (2003) como se citó Torres (2012) estos se clasifican en:

Convencionales (sólidos suspendidos y coloidales, materia orgánica carbonácea, nutrientes y microorganismos patógenos); No convencionales (orgánicos refractarios, orgánicos volátiles, surfactantes, metales, sólidos disueltos) y Emergentes (medicinas, detergentes sintéticos, antibióticos veterinarios y humanos, hormonas y esteroides, etc.). Las fuentes no convencionales y emergentes se localizan en aguas residuales, esto se debe a los grandes sistemas de alcantarillado, que conjuntamente con las aguas residuales procedentes del sector industrial forman una potencial mezcla de agua con altos niveles de contaminación.

7.1.2.2.3. Fuentes agrícolas.

Según (Zarza, 2018) dice que:

El sector agropecuario es causante de grandes impactos hacia el medio ambiente, ya que son la principal fuente de contaminación de agua aportando sustancias tóxicas y dañinas como nitratos, fosfatos y plaguicidas. El agua proveniente de fuentes agrícolas es

el resultado de las actividades como el riego y de otras labores como limpieza ganadera, que aportan al recurso hídrico grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes y microorganismos.

7.1.3. *Principales contaminantes del agua.*

➤ *Agentes patógenos:*

Los patógenos son agentes que proceden como paracito en el huésped, este mismo podría tratarse de un ser vivo o una célula causando alteraciones en las actividades fisiológicas normales. Estos agentes considerados patógenos crean trastornos en el huésped causando síntomas de enfermedades, los microorganismos patógenos pueden estar presentes tanto en el aire como el agua e incluso dentro del cuerpo humano. (Trujillo & Ponce, 2018)

➤ *Desechos orgánicos:*

Son el conjunto de residuos orgánicos –aceites, grasas, proteínas, entre otros- producidos por los seres humanos o animales. Según (Castro R, 2016) indica que los desechos orgánicos incluyen:

Heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir, en procesos con consumo de oxígeno. La presencia de desechos orgánicos en el agua puede resultar ser uno de los factores negativos para el recurso hídrico ya que existen grandes cantidades de materia orgánica y esta a su vez genera la proliferación de bacterias para su correcta degradación, acción que provoca que las bacterias presentes consuman más oxígeno de lo debido, provocando así las muertes de la vida acuática.

➤ *Sustancias químicas inorgánicas:*

Las sustancias inorgánicas son aquellas que carecen de átomos de carbono en su estructura química, con algunas excepciones. Raffo, (2014) afirmó lo siguiente:

Las impurezas por el lado de las características químicas se deben a su origen orgánico e inorgánico, en el caso de las sustancias químicas inorgánicas presentes en el agua su resultado es un posible efecto tóxico. Por otro lado, las sustancias inorgánicas en el caso de metales tóxicos producen material particulado

como sedimentos, arcillas; y de microorganismos como bacterias y protozoos. En ciertas ocasiones estas sustancias son liberadas directamente hacia la atmosfera e incorporados por la lluvia.

➤ ***Nutrientes vegetales inorgánicos (nitrógeno y fósforo):***

Los nutrientes vegetales en exceso ocasionan un gran crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Abella & Martínez, (2012) manifiesta que:

Para un correcto desarrollo de las plantas, estas necesitan de nitratos y fosfatos principalmente elementos que están presentes en un cuerpo de agua, las plantas que mueren producen materia en descomposición, actuando así las bacterias anaeróbicas lo cual ocasiona la disminución de oxígeno disuelto en el agua modificando así el medio acuático ya que necesita consumir mayor oxígeno para su desarrollo y provocando el fenómeno que conocemos como la eutrofización de las aguas.

➤ ***Sedimentos o materias suspendidas:***

Según Urgilez, (2016):

Partículas del suelo que no tienen la capacidad de disolverse y a la vez enturbian el agua dificultando así el proceso de la fotosíntesis. Los sedimentos pueden ser movidos por fuerzas de la naturaleza como el agua o el viento a este movimiento de sedimentos se le conoce como erosión. Un cuerpo de agua puede estar influenciado netamente por la turbidez, producto de la acumulación de sólidos en suspensión, provocando la vida y desarrollo de algunos microorganismos acuáticos, además que la acumulación de este puede devastar lugares de alimentación de diferentes especies.

➤ ***Sustancias radiactivas:***

Según ha señalado Nuccetelli (2012):

La radioactividad es un fenómeno que se produce de manera espontánea, que posee la capacidad que tienen los núcleos de algunos elementos químicos para producir radiaciones como lo son los radioisótopos, que pueden estar presentes en el agua, y que pueden ser dañinos para la salud del hombre y de los seres vivos. Los radioisótopos se

pueden encontrar de forma natural ya que se los puede encontrar presentes en agua potable. Estas se liberan de los minerales y de rocas a esto se suman los procesos de disolución y erosión generando de esta manera que los elementos radioactivos presentes en los minerales y las rocas lleguen al recurso hídrico.

➤ **Contaminación térmica:**

Para (García-Guadalupe et al., 2012) la contaminación térmica:

Es cuando la temperatura de un cuerpo de agua aumenta ya sea de ríos o embalses, esto se debe a la liberación de agua procedente de las centrales termoeléctricas o de actividades de tipo industrial. Cabe mencionar que las descargas provenientes de plantas de generación de energía, una vez vertidas al recurso hídrico provocan una contaminación térmica. Esto se debe a que las temperaturas de las descargas son mayores a las del cuerpo receptor. Además, señala que desde una perspectiva ambiental este cambio de temperaturas en el recurso hídrico altera considerablemente el medio acuático provocando cambios significativos en los organismos que ahí se desarrollan. Un ligero cambio de la temperatura del agua de 1 a 2 °C genera un impacto considerable en el ambiente.

7.2. Bioindicadores

(De la Nuez et al., 2015) afirma que:

La presencia de organismos indicadores o bioindicadores como los peces, insectos, algas, plantas u otras especies de la vida acuática son utilizados para evaluar y detectar cambios o alteraciones en la calidad del hábitat o de un cuerpo de agua, lo que expresa, que son las características biológicas que son utilizadas para comprender los factores de su ambiente.

Mares, (2017) manifiesta que:

Se entiende por bioindicador al manejo de organismos de una especie o comunidad que sirven para evaluar y monitorear la calidad del agua y sus cambios que ha sufrido a través del tiempo, empleándolos como indicadores del cambio que la contaminación causa en sus poblaciones.

7.2.1. Bioindicadores de la calidad del agua.

Los indicadores de la calidad del agua consisten en la aplicación de especies ya sean estas vegetal, hongo o animal, mismas que tienen la cualidad para obtener determinado comportamiento frente a alteraciones que se originan en su hábitat debido a que poseen características que demuestran sensibilidad a los cambios que surgen en su entorno debido a la alteración de su medio. (Echeverry & Londoño, 2011, como se citó en Pastran, M. 2017, p.26) manifiesta:

De esta manera las especies bioindicadores de calidad de agua tienen la capacidad de adaptación que conlleva a su presencia, ausencia o abundancia variable que pueden ser representadas por medio de índices de diversidad de los cuales se obtiene información de las características físicas – químicas, biológicas, climáticas bacteriológicas y funcionales, del medio ambiente.

A continuación, se mencionan algunos grupos de organismos que se emplean como bioindicadores de la calidad del agua:

➤ **Bacterias**

Las bacterias son de las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua, como es el caso de las bacterias de coliformes que son un indicador de materia fecal por descarga de desechos, el uso de bacterias para el análisis de calidad de agua tiene sus ventajas ya que el muestreo de este grupo goza de una metodología desarrollada, de tal manera que se obtiene una respuesta rápida a cambios ambientales, como la contaminación, principalmente por descargas de aguas domésticas y municipales (De la Lanza et al., 2000, como se citó en Vázquez et al., 2006, p. 42)

➤ **Fitoplancton**

Son organismos microscópicos que utilizan la luz solar para obtener tanto energía como nutrientes para los procesos de la fotosíntesis, naturalmente se los puede encontrar suspendidos en las masas de agua, las especies que se pueden encontrar principalmente son las microalgas y cianobacterias (Viteri, M. et al., 2017).

➤ *Peces*

Los peces fueron de los primeros sistemas para conocer la calidad de los recursos hídricos ya que comúnmente estos fueron aplicados para el biomonitoreo de contaminantes presentes en un cuerpo de agua, esto se debe a que los peces son vertebrados que tienen la capacidad de bioacumular sustancias tóxicas, a través de la ingesta de alimentos propiamente contaminados (Reis, H. et al., 2009, como se citó Medina, H. 2012).

7.2.2. Macroinvertebrados acuáticos.

Ladrera Fernández, (2012) afirma que:

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. En la mayoría de éstos, los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros.

En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como bioindicadores, existe variedad de metodologías que son empleadas para utilizar una extensa diversidad de organismos: bacterias, protozoos, algas, micrófitos, macroinvertebrados, peces. De todas las metodologías, aquellas basadas en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos son las mayoritarias. Las razones esenciales de esta distinción por parte de los investigadores radican en su tamaño relativamente grande (visibles a simple vista), que su muestreo no es dificultoso y que existen métodos de muestreo muy generalizadas que no demandan equipos costosos; asimismo, demuestran ciclos de desarrollo lo bastante largos que les hace perdurar en los cursos de agua el tiempo apto para revelar cualquier cambio, y la variedad que presentan es tal que hay una casi infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación. (Hellawel, 1986, Alba Tercedor J., 1996, como se citó en Galloza & Yauri, 2017)

Los macroinvertebrados acuáticos poseen características de medida indirecta de lo que se desea medir o evaluar, su aplicación está fundamentada en la hipótesis de que la presencia o agrupaciones de una especie, o determinado grupo de especies, se correlacionen con una o varias variables del medio en el que habitan, que le son favorables para su existencia, de este modo se constituye una sociedad estadística entre el bioindicador y las variables que se quiere indicar. (Ribera y Foster 1997, como se citó en Morales, 2011)

En términos generales se define a los macroinvertebrados acuáticos a aquellos invertebrados que pueden ser observados a simple vista, especies no mayores a 500 µm entre las que se incluye especies de animales como crustáceos, esponjas, sanguijuelas, moluscos. Sin embargo, existe un grupo de invertebrados acuáticos que más ampliamente distribuidos en aguas dulces como lo son los insectos. La mayoría de las especies de macroinvertebrados en estado inmaduro (huevos y larvas) son acuáticas, mientras las especies que logran alcanzar cierto grado de desarrollo se los considera adultos y suelen ser terrestres. (Ladrera & Rieradevall, 2013, p.2

7.2.3. Los macroinvertebrados como bioindicadores.

(Ribera y Foster, (1997) como se citó en Morales, (2011) consideran:

A los macroinvertebrados acuáticos como los bioindicadores son esenciales para el análisis y evaluación del agua; le siguen, en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado, los peces, los micrófitos, los hongos y los virus. Así mismo para utilizar un bioindicador acuático es importante demostrar anticipadamente que existe una asociación estadística significativa entre su presencia y la variable que se quiere indicar.

“La aplicación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua se fundamenta en el hecho de que cualquier cambio o alteración en las condiciones ambientales, se mostrará en la estructura de las comunidades que allí habitan” (Roldán 1992, como se citó en Morales, 2011). “Por consiguiente, el uso de los macroinvertebrados bentónicos es una excelente alternativa metodológica para detectar alteraciones prematuras y/o de origen difuso que se originan en los medios acuáticos” (Segnini 2003, como se citó en Morales, 2011).

7.2.4. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados cumplen una función muy importante en el medio acuático ya que estos ayudan con la descomposición de la materia orgánica que se encuentra en el recurso agua; ciertas familias son esenciales para la determinación de la calidad del agua y las consecuencias que podría ocurrir si estos ecosistemas acuáticos se llegan alterar, por ende, Ladrera Fernández (2012), establece que:

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y juegan un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas, es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos, de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas fluviales va a afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos.

Como ejemplo, podemos destacar especies tan emblemáticas como la trucha, el desmán ibérico o el mirlo acuático, cuyas dietas se componen mayoritariamente de larvas de efemerópteros, plecópteros y tricópteros, los cuales, como hemos comentado anteriormente, requieren buenas condiciones de calidad del agua para vivir, por lo que una determinada alteración que empeore la calidad del agua o las condiciones de hábitat requeridas por estas especies de macroinvertebrados, va a provocar un claro descenso de la población de los vertebrados comentados.

7.2.5. Hábitat y Locomoción.

Las especies de macroinvertebrados en el ecosistema acuático son relevantes ya que ayudan a establecer las condiciones en las que habitan estos bioindicadores y en qué zonas son más abundantes por lo que (Hanson et al., 2010) establece que:

Los microorganismos de agua dulce se pueden clasificar basándose en donde se encuentran en el cuerpo de agua y su manera de moverse. Algunas especies de

macroinvertebrados viven sobre la superficie del agua como él (neuston) mientras que otras especies permanecen suspendidas en la columna del agua (plancton) o bien nadan activamente (necton). Estos grupos generalmente no habitan en aguas con corriente y pueden ser muy abundantes y diversos en lagos y lagunas. La mayoría de los animales dulceacuícolas viven sobre algún tipo de sustrato, ya sea en el fondo (bentos) o en los tallos de plantas acuáticas, madera, rocas, etc.

7.2.6. Macroinvertebrados Bentónicos.

Es fundamental el conocimiento de las características y estructura de los organismos bentónicos ya que en un sistema acuático es de vital importancia para poderlos comparar con las condiciones actuales de un medio. Thorne y Williams, (1997), como se citó Vázquez et al., (2006) manifiestan que:

Los grupos de macroinvertebrados son similares cuando se haya en zonas tanto tropicales como templadas. El grupo más notorio de macroinvertebrados acuáticos en aguas continentales son los insectos, ya que son indicadores valiosos, considerados los más diversos y abundantes en contraste con los peces e insectos terrestres.

7.3. Índices de Calidad del Agua

“Un Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua” (Rubio, et al. 2014).

7.3.1. Índices Biológicos.

Rosenberg y Resh (1993), como se citó en Aguirre (2011) afirma que:

Al adentrarnos en el concepto de un bioindicador establecido a la evaluación de calidad de agua, se puede decir que están definidos como especie o ensamble de especies, que están dotados de características particulares con relación al conjunto de uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia – ausencia, numero morfología o conducta de esa especie en particular, demuestren que las variables físicas o químicas consideradas, se hallan cerca de sus límites de tolerancia.

7.3.1.1. Índice B.M.W.P (Biológicas Monitoring Working Party).

Naranjo et al, (2013), como se citó en Cordero, (2015) afirman que:

El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), establecido en Inglaterra en 1970, es un método fácil y rápido para analizar y evaluar la calidad del agua, esto con la ayuda de macroinvertebrados bentónicos, mismos que son de utilidad y sirven como bioindicadores; sólo requiere llegar hasta el nivel de familia. Los datos que se manejan dentro del mundo de macroinvertebrados son cualitativos (ausencia o presencia). Las puntuaciones son estipuladas en función de la sensibilidad o la tolerancia de diferentes grupos o familias a la contaminación orgánica, en un rango de 1 a 10. El puntaje se asigna de acuerdo con la familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Valor de Tolerancia de las diferentes Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Cálculo del Índice BMWP

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Blepharoceridae, Calomaceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopsidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Dugesiidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5

Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Nota: (Bueñaño et al., 2018)

La suma total de los puntajes de las familias monitoreadas proporcionará el valor de la calidad del agua como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.

Clases de Calidad de Agua Valores BMWP y Colores para representar el Índice

CLASE	CALIDAD	BMWP	REFERENCIA	COLOR
		>150	Aguas muy limpias.	
I	Buena	101 a 120	Aguas no contaminadas o poco contaminadas	AZUL
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación	VERDE
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	15 a 35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. Situación crítica.	ROJO

Nota: (Bueñaño et al., 2018)

7.3.1.2. Índice ABI (Andean Biotic Index).

Para Ríos-Touma et al., (2014) como se citó en Quezada, (2019):

El índice ABI es un método que utiliza adecuadamente el fundamento del Grupo de trabajo de monitoreo biológico (BMWP) para la evaluación de la calidad biológica de las corrientes andinas, con el objetivo principal de crear una herramienta mejorada de puntajes para clasificar familias de macroinvertebrados adaptados para la región andina.

“La puntuación asignada a un taxón está en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno que este tipo de contaminación suele

provocar en la mayor parte de los ríos y quebradas.” (Pino Chala et al., 2003 como se citó en Quezada, 2019).

El índice ABI establece puntajes a las diferentes especies de macroinvertebrados acuáticos, como también establece valores para establecer la calidad del agua como se presenta en las Tablas 5 y 6 respectivamente:

Tabla 5.

Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la propuesta del Índice ABI

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Tricladida	Planariidae	5		Helicopsychidae	10
				Calamoceratidae	10
				Odontoceridae	10
Hirudinea	-	3		Leptoceridae	8
Oligochaeta	-	1		Polycentropodidae	8
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Hydroptilidae	6
Amphipoda	Hyalellidae	6	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
Ostracoda	-	3		Hydrobiosidae	8
Hydracarina	-	4		Glossosomatidae	7
Ephemeroptera	Baetidae	4		Hydropsychidae	5
				Anomalopsychidae	10
				Philopotamidae	8
				Limnephilidae	7
	Blepharoceridae	10			
	Simuliidae	5			
	Tabanidae	4			
	Tipulidae	5		Ptilodactilidae	5
	Limoniidae	4		Lampyridae	5
	Ceratopogonidae	4		Psephenidae	5
	Dixidae	4		Scirtidae	5
	Psychopodidae	3		Staphylinidae	3
Díptera	Dolichopodidae	4	Coleoptera	Elmidae	5
	Stratiomyidae	4		Dryopidae	5
	Empididae	4		Gyrinidae	3
	Chironomidae	2		Dytiscidae	3
	Culicidae	2		Hydrophilidae	3
	Muscidae	2		Hydraenidae	5
	Ephydriidae	2			
	Athericidae	10			
	Syrphidae	1			
				Veliidae	5
Plecoptera	Perlidae	10	Heteróptera	Gerridae	5
	Gripopterygidae	10		Corixidae	5
				Notonectidae	5

			Belostomatidae	4
			Naucoridae	5
	Ancylidae	6		
	Physidae	3		
Gastropoda	Hydrobiidae	3	Lepidoptera	Pyralidae
	Lymnaeidae	3		4
	Planorbidae	3		

Nota: (Toledo Basantes, 2015)

Tabla 6.

Puntajes para Calidad del Agua según el Índice ABI

CALIDAD DE AGUA	PUNTUACIÓN
Muy bueno	> 96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	< 14

Nota: (Toledo Basantes, 2015)

7.3.1.3. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

Según Terneus et al. (2013) indica que:

El índice EPT se lo construye mediante el uso de información adquirida sobre la abundancia de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), que son indicadores de buena calidad de agua, por ser sensibles a contaminantes o trastornos ambientales del medio donde viven. Al final se obtiene un índice del 1 al 10 que representa una escala de rangos donde los valores más altos catalogan al ambiente como saludable y los más bajos como un ambiente contaminado o alterado.

El cálculo consiste en dividir el número de EPT presentes en la muestra para la cantidad total de organismos de la muestra:

$$EPT = (NEPT/N) * 100$$

Dónde:

EPT=índice EPT

NEPT=Número total de individuos EPT en la muestra

N= Número total de individuos en la muestra

Este índice clasifica a los cuerpos de agua en cuatro clases de calidad de agua, con rangos porcentuales que van desde mala (0%-24%) a muy buena (75 %-100%). Los EPT presentes se dividen por la exuberancia total, logrando un valor, el cual se lleva a una tabla de valoraciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7.

Clasificación de la Calidad de Agua según el Índice EPT

ÍNDICE EPT	CALIDAD DE AGUA
75 – 100%	Muy buena
50 – 74%	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24%	Mala

Nota: (Endara, 2012)

7.3.1.4. Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER.

Moreno, (2001) como se citó en Rodríguez & Astudillo, (2015) establece que:

El índice Shannon Weaver es muy importante para definir una calidad ambiental en función de la biodiversidad encontrada en el contexto de interés. En un contexto ecológico, este índice mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar, provenientes de una comunidad de la cual se conoce el número total de especies.

Este índice nos indica resultados cuantitativos de las siguientes escalas numéricas según Moreno, (2001) como se citó en Rodríguez & Astudillo, (2015):

El resultado se expresa con un número positivo, cuyos valores varían generalmente entre 1 y 5 en la mayoría de los ecosistemas naturales. Sin embargo, pueden encontrarse valores mayores o menores dependiendo del tipo de ecosistema. Su valor normal se encuentra entre 2 y 3, si son valores menores se consideran bajos y si son mayores se consideran altos; mientras más alto es el valor del índice, mayor será la diversidad.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{Ec (1)}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_{2,78} p_i \quad \text{Ec (2)}$$

Dónde:

S: número de especies (la riqueza de especies).

pi: proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*).

ni: número de individuos de la especie *i*.

N: número de todos los individuos de todas las especies.

De esta forma, el índice refleja la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

Tabla 8.

Evaluación de Diversidad según Shannon Weaver

ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD
3,5 – 5	Alta
1,6 – 3	Media
0 – 1,5	Poca

Nota: (Dousdebes, 2016)

7.3.1.5. Índice de calidad de agua físico - químico.

En el Ecuador se ha incrementado el interés de preservar las fuentes hídricas por parte de las autoridades competentes, para lograr aquello los planes de manejo ambiental están orientados en unos de sus componentes a realizar monitoreos ambientales constantes que retroalimenten los sistemas de gestión ambiental implementados por los sujetos de control, generando una gran importancia en estas actividades de supervisión por ende Rodó (2018) establece que:

El monitoreo de variables fisicoquímico de agua consiste en la determinación periódica de parámetros físico - químico en muestras de agua. Es una metodología muy útil para evaluar la calidad de un agua y establecer planes para su gestión, pero hay que tener

en cuenta que para obtener una visión integrada del ecosistema acuático es necesario que esta herramienta sea articulada con otros monitoreos, como el biológico y el visual.

Los valores de los límites máximos permisibles están basados en un riesgo ambiental que se descompone en la probabilidad de afectar negativamente al ambiente o al ser humano en función de la concentración del contaminante presente en el recurso hídrico, para definir aquello Rodó (2018) establece que:

En esta entrada se hace referencia a las condiciones del agua superficial que pueden inferirse a partir de incrementos o descensos en los valores de los parámetros, independientemente de los valores estándares señalados. No se tendrán en cuenta estos valores como referencia debido a que los mismos fueron establecidos en función de un concepto de calidad de agua que se basa en el uso antrópico de la misma y no en la integridad biótica del ecosistema acuático, a pesar de que se describen los cursos de clase 3 como aguas destinadas a la preservación de la fauna y flora acuática. Asimismo, los valores límites de algunas variables físico - químico han sido discutidos desde su aprobación y se han propuesto modificaciones de la norma. Por último, es importante resaltar que un estudio que integre los cambios medidos en los valores de los parámetros fisicoquímicos, elementos biológicos (mediante el biomonitoreo) y variables observables, a través del monitoreo visual, permite estimar con precisión la calidad del agua y del ecosistema acuático.

Para establecer los parámetros físicos-químicos se han tomado en cuenta diferentes criterios como se indican a continuación: “Se basan en parámetros físicos o químicos del agua como pueden ser el pH, los sólidos en suspensión, la temperatura, la DBO5, etc. o en un conjunto de estos.” (Rodó, 2018)

7.3.1.6. Índice de calidad de agua ICA.

La determinación de la calidad del agua es importante para el desarrollo del ecosistema acuático, y por ende el avance académico para determinar el grado de contaminación del recurso hídrico ha avanzado conforme el avance del sector industrial, por lo que se han implementado diferentes herramientas para los cálculos de esta: “Un Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua.” (Rubio Arias et al., 2014)

Para la determinación de la calidad del factor hídrico para los valores de W_i y P_i se utiliza la siguiente ecuación reportada por Rubio Arias et al., (2014):

$$ICA = \sum \frac{W_i P_i}{P_i} (K) \text{ Ec (3)}$$

Dónde: ICA = Índice de Calidad de Agua

W_i = Peso específico asignado a cada variable

P_i = Valor asignado a cada variable de acuerdo con los resultados previos; es decir, si el resultado se encuentra dentro o fuera del rango deseable

K = Es una constante

(Quevedo, 2017) indica que el “ICA” adoptan condiciones óptimas que usa un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio como se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9.

Clasificación del ICA

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente	Azul	91 a 100
Buena	Verde	71 a 90
Regular	Amarillo	51 a 70
Mala	Rojo	26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota: (Quevedo, 2017)

7.3.1.7. Índice NSF.

El índice NSF es muy esencial al momento de identificar la calidad del agua y compáralos con otros ríos por ende (Cueva, 2012) estable que:

El índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó

y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua General, y que se conoce como ICG. Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios ³⁴ en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

7.3.2. *Parámetros de calidad de agua.*

El uso del agua define las condiciones en el que este recurso se encuentra, por ende, la determinación de la contaminación se debe tener en cuenta ciertas constituyentes: “Para definir la contaminación del agua, es necesario conocer primero cuales son los parámetros físico - químicos que definen para su uso y los procesos de tratamiento de aguas y aguas residuales, lo que resulta de gran importancia para su respectivo estudio”. (Arellano & Guzmán, 2011, P. 20)

7.3.2.1. *Parámetros Físicos.*

Arellano & Guzmán. (2011) manifiesta que los parámetros físicos “definen aquellas características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, de los que podemos mencionar los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.” (p. 20).

Es de mucha importancia analizar los parámetros físicos del recurso agua, como medida de la presencia de materia orgánica, constituyentes inorgánicos, energía que definen la dinámica de las reacciones químicas, crecimiento microbiológico que rigen la autodepuración y el nivel de calidad del recurso, a continuación, se detalla los parámetros más importantes:

7.3.2.2. *Temperatura.*

La temperatura es un parámetro físico importante ya que es determinante en los procesos biológicos. El calentamiento global genera un cambio constate en los ecosistemas acuáticos por el cambio de temperatura a lo que se somete el ecosistema, está relacionada con la temperatura atmosférica, pero influyen igualmente otros factores tales como la altitud, el espesor y duración de la cubierta nival, el deshielo, etc. Se trata de una variable fundamental

en el periodo vegetativo, la concentración de oxígeno disuelto en el agua, la emergencia de fases larvarias acuáticas de insectos, etc. (Uriarte, 2020)

7.3.2.3. Turbidez.

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión mide la claridad del agua. La turbidez puede impactar los ecosistemas acuáticos al afectar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar), respiración y la reproducción de la vida acuática. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua. (González, 2011, p. 2)

La falta de transparencia, debida a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parece y el valor de turbidez es más alto. Para el desarrollo de las plantas y animales acuáticos, es mejor que el agua sea lo más transparente posible, aunque un agua turbia no significa necesariamente que esté contaminada, ya que la turbidez puede estar ocasionada por fenómenos naturales. Este indicador también puede estar producido por partículas vivas que habitan en el agua, por ejemplo, el fitoplancton. También materiales procedentes de la descomposición de los seres vivos, hojas, ramas, los vertidos de aguas residuales o los procedentes de esorrentía urbanos pueden aumentar el valor de este indicador. (González, 2011, p. 2)

7.3.2.4. Potencial de Hidrógeno (pH).

El pH de una solución es donde H es la concentración de ion hidrogeno. La escala de pH en un sistema acuoso va desde 0 a 14, en la cual las soluciones ácidas tienen pH por debajo de 7 y las soluciones básicas tienen un pH por encima de 7 y las soluciones neutrales tienen un pH cercano a 7. De todas las aguas naturales el 95% tienen un pH entre 6 y 9. El agua de lluvia que no ha sido afectada por las emisiones antropogénicas de lluvias ácidas tiene un pH de aproximadamente 5.6 debido a la presencia de dióxido de carbono disuelto que se origina en la atmósfera. (Mihelcic & Zimmerman, 2012 p. 68)

7.3.2.5. Oxígeno Disuelto (OD)

Se requiere para mantener una comunidad balanceada de organismos en lagos, ríos y océanos. Cuando un desperdicio demandante de oxígeno (medido como DBO) se añade al agua la velocidad a la que el oxígeno es consumido al oxidar dicho desperdicio (desoxigenación) puede exceder la velocidad a la que el oxígeno se vuelve a suplir desde la atmósfera. Esto

puede llegar al agotamiento de los recursos de oxígeno, con concentraciones muy por debajo de los niveles de saturación. Cuando los niveles de oxígeno caen por debajo de los 4 a 5 mg O₂/L, la reproducción de los peces y macroinvertebrados es desproporcionada. El agotamiento del oxígeno con frecuencia es lo suficientemente severo como para desarrollar condiciones anaeróbicas, con una pérdida de asistencia de biodiversidad y ética pobre (turbidez y problemas de olor). (Mihelcic & Zimmerman, 2012 p. 190)

7.3.2.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

“Es la cantidad de oxidante químico expresado en equivalente de oxígeno, que se requiere para oxidar por completo una fuente de materia orgánica, DQO Y DTO deberían ser casi iguales” (Mihelcic & Zimmerman, 2012 p. 190).

7.3.2.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

Es la cantidad de oxígeno consumida (DBO) empleada en un periodo de incubación de 5 días; el promedio estimado del laboratorio de la DBO. El 5 del DBO utilizan la notación Y₅, para referirse al DBO ejercida (y) por encima de 5 días de incubación. (Mihelcic & Zimmerman, 2012 p. 190)

7.3.2.8. Nitratos.

El nitrato es la forma de oxidación más estable del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas residuales, en ríos contaminados, estuarios y aguas marinas. El nitrato es un contaminante común también se encuentra en el agua subterránea y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar la fuente de agua potable. En áreas con agua pura, como ser las aguas subterráneas poco profundas y que no están afectadas por las actividades humanas, las concentraciones son usualmente de menos de 2 miligramos por litro (mg/L) de nitrato. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol o compost y pozos sépticos. Cantidades excesivas de nitrato se encuentran en suelos rurales y de actividades agrícolas. El nitrato se mueve fácilmente a través del suelo llevado por el agua de lluvia y de riego hasta las aguas subterráneas. (Brown & Rodríguez, 2013)

7.3.2.9. Fosfatos.

La presencia de fosfatos indica que, este parámetro está presente en aguas residuales que se vierten directamente al medio ambiente, el origen de estos contaminantes está dado por la

eliminación de fertilizantes directamente al suelo y al agua, las excreciones humanas y de los animales, detergentes y los productos de limpieza. Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida. (Pütz, P. 2010)

7.3.2.10. Sólidos Totales Disueltos (TDS).

En gran medida para determinar la calidad del recurso hídrico es fundamental analizar sólidos coloidales por su difícil remoción y aplicación de tecnologías adecuadas que requieren una caracterización precisa de los TDS por lo que Sigler & Bauder, (2012) establece que:

Los TDS es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeña de 2 micrones y no pueden ser removidos por un filtro tradicional, básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua. Es un buen indicador de la calidad del agua ya que esta indica los miligramos de minerales por litro relacionados con la conductividad métrica y la dureza del agua la cual está determinada por la concentración de carbonado de calcio.

Según (Llumigusín, 2012) los Sólidos totales disueltos es:

La validación de varios métodos de ensayo que determina que los sólidos totales disueltos es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro - granular, que contiene el agua. Se componen de sólidos coloidales y disueltos. Los sólidos totales disueltos son moléculas e iones; que se encuentran diluidos en el agua, su concentración específica se centra en los minerales. Gases producto de la descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan olor, color, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene.

7.3.2.11. Parámetros Microbiológicos

El mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Peligros microbianos relacionados con el agua de consumo, los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos. (Gaitan, s. f.)

La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. Un fallo general del sistema de sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala del agua y, potencialmente, epidemias detectables. Otras averías y la contaminación leve, posiblemente en ocasiones repetidas, pueden ocasionar brotes esporádicos significativos de enfermedades, pero no es probable que las autoridades de vigilancia de la salud pública los asocien con la fuente de abastecimiento de agua de consumo. La evaluación y cuantificación de los riesgos puede ayudar a comprenderlos y gestionarlos, sobre todo los relacionados con casos de enfermedad esporádicos. Existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada. La gama de agentes patógenos cambia en función de factores variables como el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de los hábitos de la población o de las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. (Gaitan, s. f.)

7.3.2.11.1. Coliformes Fecales.

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten, normalmente, en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden, incluso, ocasionar la muerte. Formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias (por tener forma similar. Se denominan genéricamente coliformes fecales) se transmiten, entre otras vías, a través de las excretas, y comúnmente, por la ingestión o el contacto con agua contaminada. La *Escherichia* no sobrevive mucho tiempo en agua de mar, pero otros coliformes fecales sí, por lo que suelen reportarse en conjunto y ambos conforman un indicador de la contaminación bacteriológica de los ríos y las playas. (Mora & Calvo, 2010)

7.3.2.11.2. Coliformes Totales.

Los coliformes totales determinan la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de aguas también son microorganismos de la familia de las Enterobacterias. Comprenden distintos géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, son

bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Su presencia en el agua indica contaminación microbiana reciente sin informar de su origen y una deficiente calidad del agua, no son específicos de contaminación fecal, excepto el género *Escherichia*. No se admite la presencia de ninguna unidad formadora de colonia en 100 ml de muestra.(Cabanillas et al., 2015)

8. MARCO LEGAL

8.1. Constitución de la Republica del Ecuador

Título II Derechos / Capítulo Segundo Derechos del Buen Vivir / Sección Primera

Agua y Alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Título VI Régimen De Desarrollo / Capítulo primero / Principios generales

Art. 276, numeral 4, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Título VII Régimen del Buen Vivir / Capítulo segundo / Biodiversidad y recursos naturales / Sección Sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

8.2. Código Orgánico Del Ambiente

Título II Institucionalidad y Articulación de los Niveles de Gobierno en el Sistema Nacional Descentralizado De Gestión Ambiental / Capítulo II. De las facultades ambientales de los gobiernos autónomos descentralizados

Art. 26, numeral 8, Establece que en el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional el Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido.

Libro Segundo Del Patrimonio Natural

Título I De La Conservación de la Biodiversidad

Art. 30, numeral 7, Establece que uno de los objetivos de Estado relativos a la biodiversidad será Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Título II de la Conservación in Situ / Capítulo II / Del sistema nacional de áreas protegidas

Art. 38, numeral 5, Establece que uno de los Objetivos de las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas será mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas.

Título VI Régimen Forestal Nacional / Capítulo V / Manejo y conservación de bosques naturales

Art. 109, numeral 6, de las disposiciones generales para el manejo forestal sostenible establece que las disposiciones generales deberán orientarse a proteger y recuperar los recursos hídricos.

Libro Tercero de la Calidad Ambiental / Título II Sistema Único de Manejo Ambiental Capítulo V / Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

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 competentes en la materia.

Título II Control y Seguimiento Ambiental / Capítulo IV / Monitoreo y seguimiento

Art. 208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo. La información generada, procesada y sistematizada de monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda.

8.3. Reglamento del Código Orgánico Ambiental

Art. 482. Sistema de control ambiental permanente. Está constituido por herramientas de gestión que permiten realizar el seguimiento y control sistemático y permanente, continuo o periódico del cumplimiento de los requisitos legales y normativos, así como de las autorizaciones ambientales.

9. HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿En base a las características físicas – químicas del recurso hídrico y las características biológicas de las especies de macroinvertebrados se podrá conocer el estado de contaminación del río Aláquez?

¿Los índices a aplicarse permitirán determinar el estado de contaminación del recurso hídrico?

10. MÉTODOS-TÉCNICAS-INSTRUMENTOS

10.1. Métodos

Existen diversas maneras para la recolección de macroinvertebrados acuáticos. Para la selección del método idóneo que se empleó en la zona de estudio se tomó en cuenta el tipo de cuerpo de agua donde se realizó los respectivos análisis, además del hábitat de interés como también el presupuesto disponible.

10.1.1. Método analítico.

El presente método consistió en analizar las diferentes especies de macroinvertebrados, conservando así cada una de sus partes con la finalidad de observar detalladamente su naturaleza y comprender su esencia mediante la utilización de guías taxonomías para su correcta identificación.

Etapas:

- **Observación:** La etapa de observación consistió en reconocer el área de estudio, para ello fue necesario realizar una observación directa la cual consiste en realizar un recorrido visual del tramo del río a estudiar, como también fue necesario la observación indirecta que consiste en la lectura de investigaciones que hablen sobre el tema a estudiar.
- **Descripción:** Permitted tener una aproximación formal al fenómeno ya, que esta etapa consistió en el reconocimiento de hábitats existentes en el área de estudio, como también permitió la identificación de la flora y fauna presentes en el entorno al área a intervenir, por otra parte, se pudo apreciar el cuerpo de agua y las zonas donde posiblemente exista afectación hacia recurso hídrico.
- **Examen crítico y descomposición del fenómeno:** Esta etapa permitió analizar cada uno de los datos obtenidos sobre el tema a investigar, para de esta manera

entender el fenómeno que se está observando, para ello fue necesario muestrear cada de las especies en los diferentes puntos de muestreo con la ayuda de guías taxonómicas y después ser comparadas con cada uno de los índices biológicos a utilizar con el fin de poder dar criterios lógicos de lo que se está investigando.

- **Enumeración de las partes:** Consistió en llevar un orden cronológico de cada uno de los puntos muestreados, ya que es importante al momento de hacer las respectivas comparaciones con los índices biológicos. Cada espécimen muestreado fue respectivamente clasificado y etiquetado en recipientes adecuados con la intención de mantener su estructura, este procedimiento se lo aplico en los tres puntos de estudio seleccionados, para así determinar las especies que conforman cada uno de los puntos de muestreos y obtener así resultados al momento de su respectiva comparación.

10.1.2. Método cualitativo y cuantitativo.

El método cualitativo fue utilizado con el fin de aportar a la identificación taxonómica de los macroinvertebrados muestreados en los tres puntos de estudios seleccionados. Una vez identificados los individuos se procedió a la correcta caracterización de las especies de macroinvertebrados con la ayuda de guías taxonómicas que permitieron observar las características que los conforman.

Por otra parte la aplicación del método cuantitativo permitió registrar el total de las especies muestreadas y posterior a ello la caracterización taxonómica de las especies por orden, clase y familia, este proceso admitió desarrollar los índice BMWP/col y ABI mediante la aplicación de puntuaciones ya establecidas por cada índice, sin embargo para el desarrollo del índice EPT se empleó el número de especies perteneciente únicamente a este orden para determinar la calidad de agua, y finalmente el índice de SHANNON – WEAVER que utiliza el número de especies halladas por familia y orden para determinar la biodiversidad de especies.

Etapas:

- **Selección de Técnica de muestreo:** En esta etapa se planteó las técnicas idóneas que permitieron la recolección de macroinvertebrados como también la obtención de datos

que permitan tener un mayor conocimiento sobre las diferentes formas de muestreo de macroinvertebrados.

- **Aplicación de la técnica de muestreo:** Esta etapa fue fundamental ya que aquí, se procedió con la ejecución de la técnica seleccionada para la toma de muestras de los especímenes que ayudaron con la presente investigación.
- **Obtención y codificación de datos:** Una vez registrado el total de los individuos muestreados se procedió al respectivo etiquetado de las muestras para su posterior análisis en el laboratorio.
- **Análisis:** Este paso consistió en llevar los individuos hallados al laboratorio para su correcta identificación con el fin de observar su composición y estructura, y así poder determinar su orden, clase y familias las cuales permitirán determinar el valor de tolerancia de cada una de las familias según las claves taxonómicas.

10.1.3. Método Inductivo.

Este método se aplicó especialmente para determinar el grado de contaminación presente en el efluente del río Aláquez, para ello fue necesario la colecta de muestras de agua, que posteriormente fueron trasladadas al laboratorio para realizar su respectivo análisis y así desarrollar la comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, Reforma Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Etapas:

- **Observación y registro:** En esta etapa se procedió a la toma de muestras de agua de cada uno de los puntos de muestreo establecidos para la investigación del proyecto, como también el registro correcto de datos como temperatura y caudal de cada punto de interés.
- **Clasificación de la información:** Una vez tomado los datos de cada uno de los puntos de muestreo se procedió a clasificar la información obtenida de cada punto con la finalidad de poder determinar el estado del cuerpo de agua en cada uno de los puntos seleccionados.
- **Análisis:** En esta etapa se recolectó todos los datos obtenidos del laboratorio para posteriormente compararlos con la normativa ambiental vigente, Acuerdo

Ministerial 097-A, Reforma Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

10.2. Técnicas

10.2.1. Técnica documental.

Fue empleada en todo el proceso de investigación de macroinvertebrados con la finalidad de revisar de manera específica aportes y teorías que fortalezcan y sustenten las bases teóricas aplicadas y utilizadas dentro de todo el proceso que se llevó a cabo en este estudio.

10.2.2. Técnica de campo.

La técnica de campo consistió en la observación directa de las diferentes especies de macroinvertebrados, con el propósito de adaptar herramientas que permitan extraer la mayor cantidad de información in situ. La aplicación de la técnica de campo ayuda en la identificación de los individuos hallados mediante el empleo de claves dicotómicas, como también mediante el uso de herramientas como GPS y el software ARGIS se logró establecer puntos de muestreo que permitieron la correcta georreferenciación del área de estudio.

10.2.3. Técnica de captura de bentos con tamiz.

Se utiliza cuando la superficie arenosa queda con pocos centímetros de agua no más de 15 cm. En estos casos la colecta se puede realizar enterrando en el sedimento un muestreador hasta una profundidad aproximada de 10 cm. Posteriormente el sedimento se toma del interior del tamiz, tamizándolo en el campo y volcando el contenido resultante del tamiz en un recipiente plástico para su posterior fijación en el laboratorio.

10.2.4. Técnica de laboratorio.

Identifica los tipos de macroinvertebrados recolectados en el área de estudio mediante investigación descriptiva la misma que permite especificar las características morfológicas que poseen cada una de las especies muestreadas, para posteriormente analizar y describir cada individuo mediante el empleo de guías dicotómicas sobre macroinvertebrados.

Instrumentos

- **Libreta de campo:** Registra datos tomados en el área de estudio, para cuantificar y recopilar más información.

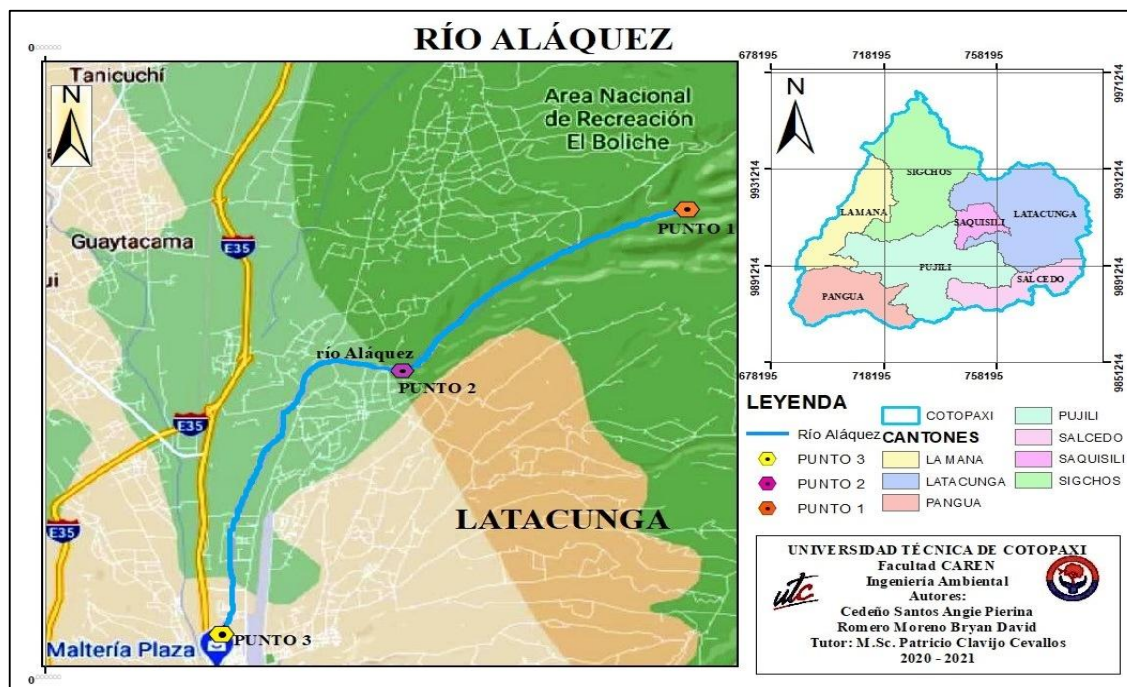
- **Cámara fotográfica:** Captura imágenes o fotografías que serán anexadas como evidencia al final de la investigación.
- **GPS:** Este instrumento registra las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.
- **Guías taxonómicas:** Permite la facilidad de reconocer e identificar el tipo de especie su clase, orden y familia de las muestras recolectadas.
- **Microscopio:** Este equipo ayuda a observar e identificar de manera precisa y detallada las características que poseen las diferentes especies de macroinvertebrados acuáticos.
- **Computadora:** Este equipo guarda toda la información recopilada durante el periodo de investigación.
- **Pinzas:** Este instrumento ayuda a la captura de las especies de macroinvertebrados acuáticos con mayor facilidad.
- **Tamiz:** Permite tamizar el suelo, barro, arena o agua y separar pequeños organismos.
- **Frascos con cierre hermético:** Pueden ser de plástico o vidrio preferentemente con tapa de plástico y transparente sirvió para la recolección de diferentes organismos de macroinvertebrados acuáticos.

11. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

11.1. Descripción de área de estudio

Ilustración 1.

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo del río Aláquez



Nota: Elaborado por Autores

11.2. Ubicación del estudio

El río Aláquez perteneciente a la cuenca del río Cutuchi se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi al noreste del cantón Latacunga, el primer punto está localizado en las coordenadas X: -78.533163; Y: -0.8284778 en las faldas del Volcán Cotopaxi. Se definió el punto de muestreo en las coordenadas ya mencionadas debido a que el proyecto de investigación se basó en la determinación de tres puntos de muestreo, donde se estableció que los análisis correspondieron a las zonas alta, media y baja del río siendo esta la zona alta del muestreo que corresponde al nacimiento del río Aláquez. El segundo punto se encuentra localizado en la quebrada Gallinazohuaicu correspondiente a la zona media del río sus coordenadas son X: -78.558562; Y: -0.832475, en el sector se evidenció el desarrollo de actividades antrópicas como la agricultura, construcción, ganadería y también presencia de actividades industriales como lo son las florícolas. El tercer punto se encuentra ubicado en la

ciudad de Latacunga en el sector La Matriz, sus coordenadas geográficas son: X: -78.624561; Y: -0.917673, es la zona baja, antes de unir su caudal con el río Cutuchi, se evidenció que esta parte del río es donde se desarrollan variedades de actividades antrópicas, como también la descarga directa de contaminantes proveniente de las viviendas e industrias aledañas al río.

11.3. Descripción del sitio de estudio

11.3.1. Características Biofísicas.

El río Aláquez se encuentra situado en los alrededores de la parroquia de su mismo nombre el cual es un territorio que se basa al desarrollo de la producción agrícola, ganadera, pecuaria, florícolas, avícolas, construcciones y zonas industriales. La flora de los alrededores del río se pudo determinar diferentes especies nativas del sector como el Capulí (*Prunus salicifolia*); Chilca (*Baccharis salicifolia*); Ciprés (*Cupressus sempervirens*); Alisos (*Alnus glutinosa*); Pinos (*Pinus sylvestris*); Retamas (*Retama sphaerocarpa*); Floripondio (*Brugmansia arborea*); Tilo (*Tilia*); Ortigas negras (*Urtica urens*); Santamaría (*Tanacetum balsamita*); Ruda (*Ruta*); Manzanilla (*Chamaemelum nobile*); Quishuar (*Buddleja incana*); Achupallas (*Puya hamata*); Mortiños (*Vaccinium meridionale*); Chuquiraguas (*Chuquiraga jussieui*); Shanshi (*Coriaria thymifolia*); Quiebra platos (*Ipomoea tiliácea*); Taxo nativos (*Passiflora tarminiana*); Paja blanca (*Calamagrostis purpurascens*); Sigse (*Cortadeira nítida*) y ciertas plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en los linderos. Con respecto a la fauna se encuentran especies como: Conejos de páramo (*Oryctolagus cuniculus*); Zorrillos (*Mephitidae*); Venados (*Cervidae*); Lobos (*Canis lupus*); Pumas (*Puma concolor*); Raposas (*Vulpes vulpes*); Ratón de páramo (*Thomasomys paramorum*); Pericotes (*Rattus rattus*); Ranas (*Anura*); Lagartijas (*Lacertilia*); Patos (*Anas platyrhynchos domesticus*); Perdices (*Alectoris rufa*); Golondrinas (*Hirundo rustica*); Mirlos (*Turdus merula*); Truchas (*Oncorhynchus mykiss*) y Murciélagos (*Chiroptera*).

El recurso hídrico se ve vulnerado por las condiciones actuales de contaminación, provocada por la inmersión incontrolada de las industrias, en su mayoría plantaciones y de la creciente inserción de las empresas privadas de la parroquia, donde se evidenció que los moradores de la zona y de las parroquias aledañas al río por la falta de un sistema de

alcantarillado los desechos producidos por los habitantes son directamente conducidos hacia el río.

11.3.2. Características Climáticas.

El clima de esta zona es diverso existen diferentes elementos como: precipitaciones, temperatura, humedad, presión, lluvia viento, entre otros, los cambios en el clima son evidentes en el mundo, por lo tanto, estos factores se ven reflejados en el aumento de las heladas, que afectan los cultivos del sector agrícola. La disminución de las lluvias es también un cambio evidente ya que afecta a las poblaciones que habitan cerca al área de estudio.

11.4. Fase de campo

11.4.1. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de los macroinvertebrados se lo realizo mediante un recorrido de norte a sur del río Aláquez en los meses de noviembre, diciembre y enero. La determinación de los puntos de muestreo se ejecutó mediante el método empleado en zonas del litoral poco profundo de mayor energía (Garrigran et al., 2010)

El muestreo de los macroinvertebrados fue desarrollado en 3 puntos específicos del área de estudio que se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10.

Coordenadas Geográficas del río Aláquez

PUNTOS	X	Y	ALTITUD	TEMPERATURA	CAUDAL	LUGAR
P1	-78.533163	-0.8284778	3032 msnm	13.25°C	1.30m ³ /s	Parque Nacional Cotopaxi
P2	-78.558562	-0.832475	3022 msnm	15.25°C	1.62m ³ /s	Quebrada Gallinazohuaicu
P3	-78.624561	-0.917673	2779 msnm	21.2 °C	1.83m ³ /s	La Matriz

Nota: *Elaborado por Autores*

11.4.2. Técnica de muestreo en zonas del litoral poco profundo de mayor energía

La complejidad de los ambientes en los que habitan los macroinvertebrados requiere de la aplicación de una variedad de técnicas y de instrumentos para su captura y posterior estudio.

11.4.2.1. Materiales.

- Recipientes de vidrio
- Pinzas entomológicas
- Lupa
- Bandeja blanca
- Red de Surber
- Espátula
- Tamiz
- Alcohol al 70%
- Cooler
- Etiquetas

11.4.3. Procedimiento de Muestreo de Macroinvertebrados.

Se realizó los muestreos y recolección en los meses de noviembre, diciembre y enero. Para el acopio de macroinvertebrados se utilizó la red de Surber, ya que su diseño permite tomar muestras en aguas poco profundas, a 30 o 40 cm del fondo del cuerpo de agua removiendo el sustrato, posterior a ello se recurrió a pinzas entomológicas que permitieron extraer los macroinvertebrados hallados en troncos caídos, piedras y vegetación sumergida. Una vez capturados los macroinvertebrados fueron colocados en recipientes previamente esterilizados con alcohol al 70% con su respectiva etiqueta, una vez terminado de muestrear los macroinvertebrados fueron transportados y colocados en un cooler para mantener la temperatura y así poder conservar las muestras en condiciones estables hacia los laboratorios de microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi para ser identificados mediante la utilización de claves taxonómicas.

11.4.4. Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico - Químico y Microbiológico.

El procedimiento de la toma de muestras para el respectivo análisis fue basado en la norma técnica INEN 2 169:98.

11.4.4.1. Materiales.

- Recipiente de vidrio y de plástico.
- Termómetro

- Cooler
- Libreta de campo
- GPS

11.4.5. Procedimiento de Muestreo de Agua.

Previo a la recolección del agua se realizó el lavado de los recipientes, posterior a ello el recipiente fue llenado y luego sellado de manera inmediata con su respectiva etiqueta de manera clara, una vez llenados todos los envases se prosiguió a colocar las muestras de agua en un cooler a temperaturas de 2°C y 5°C de manera que las muestras se conserven previo a su análisis, finalmente se transportó las muestras tal como lo establece la Norma Técnica para su posterior recepción en el laboratorio y respectivo análisis.

11.4.6. Diseño Experimental

11.4.6.1. Definición de puntos de muestreo y recolección de macroinvertebrados

Se estableció 3 zonas, afloramiento, cauce medio y desembocadura, en cada una de ellas se determinó los puntos para muestrear dependiendo las siguientes características:

- Accesibilidad de la zona
- Topografía
- Actividades antrópicas

Una vez determinado las siguientes características se procedió a la recolección de los macroinvertebrados según el procedimiento detallado en el punto 11.4 sobre la fase de campo.

11.4.6.2. Identificación de los macroinvertebrados en el laboratorio

Una vez recolectados los macroinvertebrados en los 3 puntos de estudio se procedió a la identificación en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Salache, con la ayuda de guías dicotómicas, se reconoció taxonómicamente y se clasificó cada uno de los individuos según el siguiente detalle:

- Genero
- Familia
- Orden

11.4.6.3. *Procesamiento de datos*

Con los parámetros físicos – químicos y microbiológicos de todos los puntos de muestreo y en cada mes se armó una tabla comparativa con respecto a la normativa ambiental vigente (AM 097 A), además se calculó el índice ICA – NFS para obtener una ponderación cualitativa del río Aláquez.

Los índices ABI y BMWP/col se calcularon una vez identificados cada uno de los macroinvertebrados ya que estos índices asientan sus puntuaciones en base a la sensibilidad o tolerancia de las familias de cada individuo dando así la calidad de agua de río Aláquez.

El índice EPT se calculó a través del porcentaje total de los individuos de EPT encontrados sobre el número total de todos los individuos de la muestra y se obtiene la calidad del agua ya sea esta Buena – Regular o Mala, ya que estas familias se las consideran por ser tolerantes a agua pocas contaminadas.

El índice Shannon Weaver toma en cuenta los individuos para definir la biodiversidad de un transecto determinado el cual puede ser Poca – Media y Alta.

12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 11.

Resultados de la Calidad de agua del río Aláquez correspondiente al mes de noviembre

CALIDAD DE AGUA								
Puntos de muestreo	BMWP / col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad	Índice Shannon - Weaver	Biodiversidad
Parque Nacional Cotopaxi	19	Crítica	20	Mala	0	Mala	1.125	Poca
Quebrada Gallinazu	28	Crítica	25	Mala	1.78	Mala	1.454	Poca
La Matriz	5	Muy Crítica	4	Pésimo	0	Mala	0.063	Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Los resultados obtenidos de acuerdo con el índice de calidad de agua BMWP/Col (Tabla 4), para el punto uno y punto dos, indican que el estado de calidad de agua en estos dos puntos corresponde a la categoría de “Crítica” clase (IV) con valores de 19 para el punto uno y 28 para el punto dos, mientras que el punto tres indica que la calidad de agua se encuentra en la categoría de “Muy crítica” clase (V) arrojando un valor de 5 respectivamente.

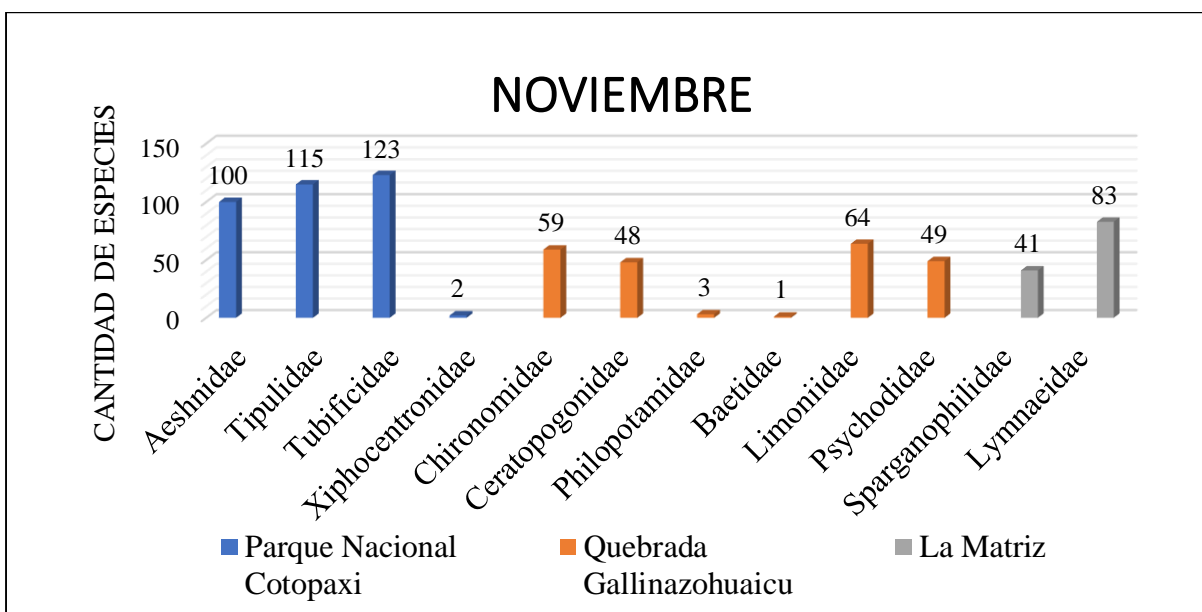
Los valores de calidad del índice ABI para los tres puntos de muestreo establecidos indicaron que para el punto uno y el punto dos, el estado de la calidad de agua es “Mala”, dando así una puntuación de 20. Para el punto uno y para el punto dos arrojó un valor de 25 mientras que el punto tres con un valor 4 indica que el estado del agua es “Pésima”

El índice de calidad EPT indica que para el punto dos la calidad de agua se encuentra en la categoría “Mala” con una puntuación de 1.78%, mientras que para los puntos uno y tres no se registraron especies de EPT, por lo tanto, la calidad en ambos puntos también se encuentra en la categoría “Mala”.

El índice de SHANNON- WEAVER muestra una biodiversidad correspondiente a “Poco” para los tres puntos de muestreo, siendo así el punto uno con un valor de 1.125; el punto dos con un valor de 1.454 y el punto tres con un valor de 0.063 respectivamente.

Ilustración 2.

Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia



Nota: *Elaborado por Autores*

En la ilustración 2 se representa la cantidad de individuos identificados por familia en cada uno de los puntos muestreados. En el punto uno correspondiente al Parque Nacional Cotopaxi se registró un total de 4 familias halladas pertenecientes a las clases: Insecta y Oligochaeta, siendo así que la densidad poblacional del punto uno dio como resultado un total de 340 individuos recolectados.

El punto dos ubicado en la Quebrada Gallinazohuaicu se registró un total de 6 familias halladas, siendo el punto dos el sector donde más familias se evidenció, las cuales pertenecen a las clases: Insecta y Díptera, dando como resultado una densidad poblacional de 224 individuos recolectados para este punto.

Por último, el punto tres correspondiente al sector de La Matriz se registró un total de 2 familias pertenecientes a las clases: Oligochaeta y Gastropoda, siendo la familia Lymnaeidae, la

familia con más individuos identificados de los tres puntos muestreados, la densidad poblacional para este punto fue de 124 individuos recolectados

Tabla 12.

Resultados de la Calidad de Agua del río Aláquez Correspondiente al mes de diciembre

CALIDAD DE AGUA								
Puntos de muestreo	BMWP / col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad	Índice Shannon - Weaver	Biodiversidad
Parque Nacional Cotopaxi	22	Crítica	17	Malo	25.71	Regular	1.509	Poca
Quebrada Gallinazohuaicu	21	Crítica	18	Malo	0	Mala	1.586	Poca
La Matriz	7	Muy Crítica	7	Pésimo	0	Mala	0.965	Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Los resultados obtenidos de acuerdo con el índice de calidad de agua BMWP/Col (Tabla 4), para el punto uno y punto dos, indican que el estado de calidad de agua en estos dos puntos se encuentra en la categoría de “Crítica” clase (IV) con valores de 22 para el punto uno y 21 para el punto dos, mientras que el punto tres indica que la calidad de agua de esta zona se encuentra en la categoría de “Muy crítica”, clase (V) arrojando un valor de 7.

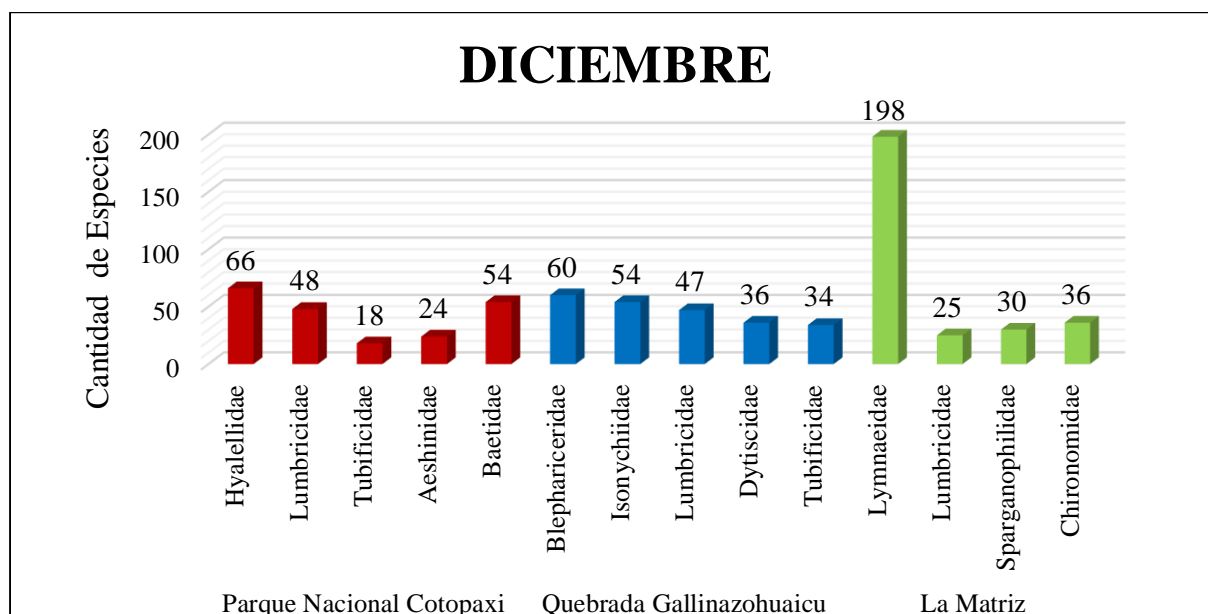
Para los valores de calidad del índice ABI, se aplicó la (Tabla 6) en los tres puntos de muestreo establecidos, dando así una puntuación de 17 para el punto uno y el punto dos un valor de 18 el cual indica que la calidad de agua es “Mala” y el punto tres con un valor de 7 que corresponde a agua de calidad “Pésimo”.

El índice de calidad EPT (Tabla 7), indica que la calidad de agua se encuentra en la categoría de agua “Regular” clase (III) con una puntuación de 25.71% para en el punto uno, mientras que para los puntos dos y tres no se encontró ninguna especie de EPT por lo tanto también se encuentra en la categoría de agua “Mala”.

El índice de SHANNON- WEAVER muestra una biodiversidad correspondiente a “Poco” según para los tres puntos de muestreo, el punto uno con un valor de 1.509, el punto dos con un valor de 1.586 y el punto tres con un valor de 0.965 respectivamente.

Ilustración 3.

Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia.



Nota: *Elaborado por Autores*

En la ilustración 3 se representa la cantidad de individuos identificados por familia en cada uno de los puntos muestreados, la misma que indica que en el punto uno se identificó a las familias Aeshnidae con 24 individuos, Lumbricidae con 48 individuos, Baetidae con 54 individuos, Tubificidae con 18 individuos, siendo la familia más predominante Hyalellidae con 66 individuos dando así un total de 210 macroinvertebrados.

El punto dos se identificó a las familias Isonychiidae con 54 individuos, Lumbricidae con 47 individuos, Dytiscidae con 36 especies, Tubificidae con 34 especie y siendo la familia más predominante Blephariceridae con un total de 60 individuos dando una abundancia de 231 macroinvertebrados.

El punto tres se identificó a las familias Lumbricidae con 25 individuos, Sparganophilidae con 30 individuos, Chironomidae con 36 e individuos y la familia predominante para este punto es la familia Lymnaeidae con un total de 198 individuos dando un total de 289 macroinvertebrados.

Tabla 13.

Resultados de la Calidad de agua del río Aláquez correspondiente al mes de enero

CALIDAD DE AGUA								
Puntos de muestreo	BMWP / col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad	Índice Shannon - Weaver	Biodiversidad
Parque Nacional Cotopaxi	45	Dudosa	36	Regular	13.50 %	Mala	2.242	Media
Quebrada Gallinazohuaicu	40	Dudosa	27	Mala	2.38%	Mala	1.983	Media
La Matriz	16	Crítica	15	Mala	2.59%	Mala	1.451	Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Para el índice BMWP/Col se aplicó la (Tabla 4), que indica que en el punto uno con un valor de 45 y el punto dos con un valor de 40, presentan una calidad de agua “Dudosa” clase (III), mientras que el punto tres con un valor de 16 presenta una calidad de agua “Crítica” clase (IV).

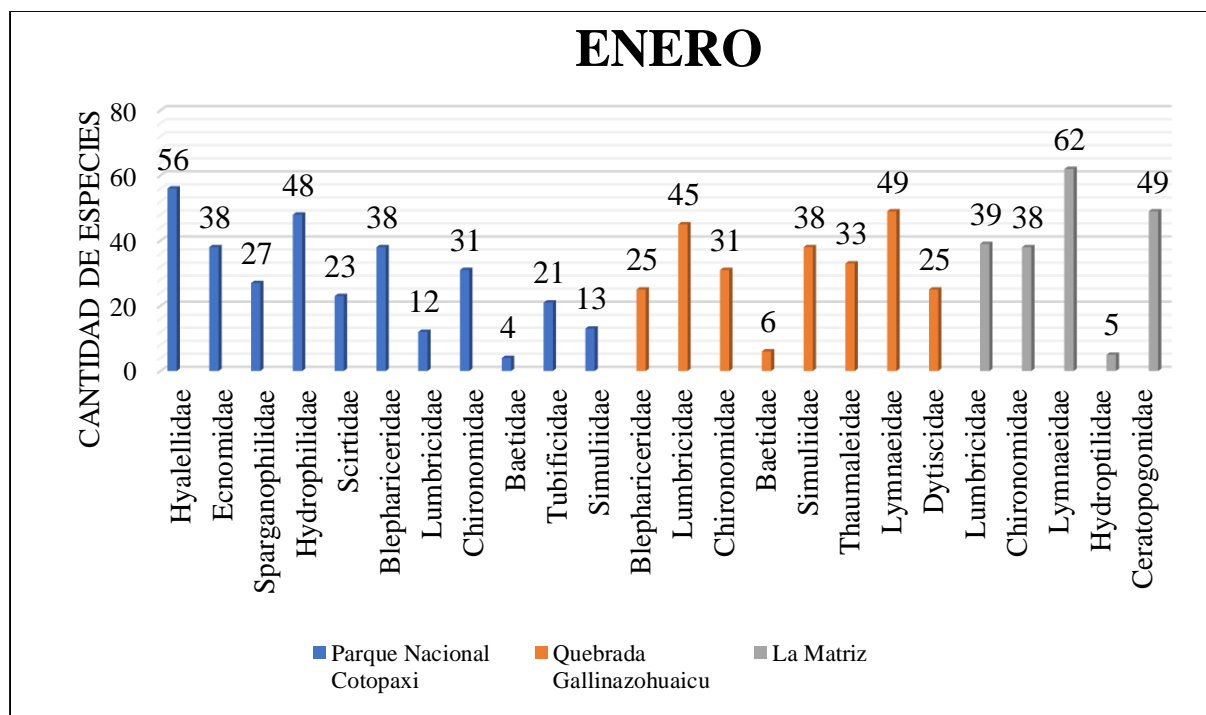
En el índice ABI se aplicó la (Tabla 6), para determinar los valores que indican la calidad de agua, en el caso del punto uno con una puntuación de 36 revela que este punto presenta una calidad de agua “Regular”, mientras que el punto dos con un valor de 27 y el punto tres con un valor de 15 indica que ambos puntos presentan una calidad de agua “Mala”.

Los resultados obtenidos del índice de calidad EPT según la (Tabla 7), indica que la calidad del agua para los tres puntos de muestreo se encuentra en la categoría de aguas “Malas”. Los valores que se obtuvo en los tres puntos fueron los siguientes: el punto uno con un valor de 13.50%; el punto dos con un valor de 2.28%; y el punto tres con un valor de 2.59%.

En el caso del índice de SHANNON- WEAVER según la (Tabla 8), muestra una biodiversidad “Media” para el punto uno, con un valor de 2.242 y el punto dos con un valor de 1.983, mientras que el punto tres indica una biodiversidad “Poca” con un valor de 1.451 respectivamente.

Ilustración 4.

Número de Macroinvertebrados recolectados por Familia



Nota: *Elaborado por Autores*

En la figura 4 se representa la cantidad de individuos identificados por familia en cada uno de los puntos muestreados, el punto uno correspondiente al Parque Nacional Cotopaxi se registró un total de 11 familias halladas que corresponden a las clases: Malacostraca, Insecta y Oligochaeta, siendo así que la densidad poblacional del punto uno dio como resultado un total de 311 individuos.

El punto dos ubicado en la Quebrada Gallinazohuaicu se registró un total de 8 familias halladas que corresponden a las clases: Insecta, Oligochaeta, Gastropoda con una densidad poblacional de 252 individuos para este punto.

Por último, el punto tres correspondiente al sector de La Matriz se registró un total de 5 familias halladas que corresponden a las clases: Gastropoda, Oligochaeta e Insecta, siendo la familia Lymnaeidae, la familia con más individuos identificados de los tres puntos muestreados, la densidad poblacional para este punto fue de 193 individuos muestreados.

Tabla 14.

Comparación de los resultados Físicos – Químicos y Microbiológicos

		RESULTADOS DE ANÁLISIS – río Aláquez								Criterios de Resultados - Comparación					
Parámetro analizado	Unidad	Parque Nacional Cotopaxi		Quebrada Gallinazohua		La Matriz		A.M.09 7A Anexo 1 Tabla 3	Parque Nacional Cotopaxi		Quebrada Gallinazohua		La Matriz		
		Nov	Dic	Nov	Dic	Nov	Dic		Nov	Dic	Nov	Dic	Nov	Dic	
DBO 5	mg/l	0.8	13.96	3.27	166.74	4.74	280.14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Fosfatos	mg/l	0.465	1.23	0.827	1.23	0.971	1.23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Nitratos	mg/l	0.05	2.51	0.08	2.24	1.36	5.38	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxígeno Disuelto	mg/l	3.60	7.26	2.40	7.75	2.35	5.94	3	Si Cumpl	Si Cumpl	No Cumpl	Si Cumpl	No Cumpl	Si Cumpl	
pH	Unidad pH	7.7	7.57	7.6	7.87	8.62	7.27	6 - 9	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	
Solidos Totales	mg/l	200	202	250	230	401	340	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Turbidez	NTU	1.5	4.5	1.2	11.4	9.2	9.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Temperatura	°C	12.5	14	14.5	16	20.4	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0	1.0	6.0	9.0	28.0	45.0	1000	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	Si Cumpl	
ICA NSF		75.94	60.20	67.08	40.15	55.4	36.40								
		Bueno	Regular	Regular	Malo										

Nota: *Elaborado por Autores*

Los resultados de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos, en comparación con la Tabla 3 de Criterios de Calidad de Agua para Riego Agrícola del Anexo 1 del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio Del Ambiente y agua del ecuador (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua 2015, se pudo determinar que en tres parámetros existe incremento de valores en el mes de diciembre con relación al mes de noviembre, tal es el caso del oxígeno disuelto donde se registró valores en un rango de 2.35 mg/l – 3.60 mg/l para el mes de noviembre en los tres puntos de muestreo, en el punto uno según la Tabla 3 del TULSMA “Si Cumple” con el criterio de calidad, mientras que en los puntos dos y tres se obtuvo valores que no están dentro del rango permisible, por ende ambos puntos “No Cumplen” con el criterio de calidad .En el mes de diciembre se evidenció el aumento de valores en los tres puntos de muestreo, esto debido a las altas precipitaciones que se registraron en la Provincia de Cotopaxi, estos datos se obtuvieron por medio del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Según el artículo publicado por (Muñoz et al., 2015) “Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México” manifiestan que: “El oxígeno disuelto aumenta cuando existe incidencia de precipitación sobre un cuerpo de agua en comparación a temporadas de sequía”, por ende, hubo un incremento considerable en los puntos ya mencionados, en un rango de 5.94 mg/l – 7.75 mg/l, por lo tanto “Si Cumple” según el criterio de calidad del TULSMA.

En cuanto a los coliformes fecales en los meses noviembre y diciembre se constató que los valores obtenidos “Si Cumplen” con lo establecido, por lo que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Tabla 3 del Libro VI del TULSMA, para el punto uno en el mes de noviembre se obtuvo un valor de 0 colonias, mientras que en el mes de diciembre se obtuvo un valor de 1.0 colonias, esto se debe a que no se evidencia actividades antrópicas e industriales en este punto de muestreo. El punto dos en el mes de noviembre se obtuvo un valor de 6.0 colonias, mientras que en el mes de diciembre se obtuvo un valor de 9.0 colonias, lo cual se evidencia un aumento en comparación al punto uno, esto se debe por la presencia de florícolas y pequeños asentamientos urbanos aledañas al río. En el punto tres el mes de noviembre se obtuvo un valor de 28.0 colonias mientras que en el mes de diciembre se obtuvo un valor de 45.0 colonias, el incremento de estos valores en este punto del río en comparación al punto uno y dos se debe a que

en este sector del río las diferentes actividades antrópicas afectan directamente al cuerpo de agua produciendo así la acumulación de materia orgánica.

El índice de calidad de agua (ICA) permitió evaluar e informar acerca de la calidad del recurso hídrico del río Aláquez, por lo cual en el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF); donde se evaluó 9 parámetros (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Disueltos Totales, Turbiedad, Temperatura y Coliformes Fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los tres puntos de estudio (P1: Parque Nacional Cotopaxi, P2: Quebrada Gallinazohuaicu y P3: La Matriz) en los meses de noviembre y diciembre del 2020.

Los resultados correspondientes al análisis Físico- Químicos y Microbiológicos demostró que los tres puntos monitoreados (P1: Parque Nacional Cotopaxi, P2: Quebrada Gallinazohuaicu y P3: La Matriz) del recurso hídrico del río Aláquez en el mes de noviembre y diciembre del 2020 se encuentra en una categoría de calidad de “Bueno” correspondiente al mes de noviembre en el punto uno con un rango de 71 – 90 que representa al color verde y el mes de diciembre en una categoría de calidad de “Regular” con un rango de 51 - 70 correspondiente al color amarillo, para el punto dos en los meses de noviembre y diciembre indica un rango de calidad “Regular” con un puntaje de 51 - 70 correspondiente al color amarillo y en el punto tres en los dos meses (noviembre y diciembre) se obtuvo un rango de calidad de “Malo” con un valor de 26 – 50 que corresponde al color rojo, de acuerdo a la Escala de clasificación del ICA-NSF.

Tabla 15.

Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero

RÍO ALÁQUEZ												
Puntos de muestreo	Mes	BMWP /col	CALIDAD DEL AGUA					Biodiversidad SHANNON - WEAVER	CAUDAL	ABUNDANCIA	N° DE FAMILIAS	
			Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad					
Parque Nacional Cotopaxi	Nov	19	Crítica	20	Mala	0	Mala	Biodiversidad Poca	1.125	1.37 m ³ /s	340	4
	Dic	22	Crítica	17	Mala	25.71	Regular	Biodiversidad Poca	1.509	1.82 m ³ /s	210	5
	En	45	Dudosa	36	Regular	13.50	Mala	Biodiversidad Media	2.242	1.91 m ³ /s	311	11
Quebrada Gallinazo	Nov	28	Crítica	25	Mala	1.78	Mala	Biodiversidad Poca	1.454	1.52 m ³ /s	224	6
	Dic	21	Crítica	18	Mala	0	Mala	Biodiversidad Poca	1.586	1.84 m ³ /s	231	5
	En	40	Dudosa	27	Mala	2.38	Mala	Biodiversidad Media	1.983	1.72 m ³ /s	252	8
La Matriz	Nov	5	Muy Crítica	4	Pésimo	0	Mala	Biodiversidad Poca	0.063	1.03 m ³ /s	124	2
	Dic	7	Muy Crítica	7	Pésimo	0	Mala	Biodiversidad Poca	0.965	1.22 m ³ /s	289	4
	En	16	Crítica	15	Mala	2.59	Mala	Biodiversidad Poca	1.451	1.86 m ³ /s	193	5

Nota: *Elaborado por Autores*

La calidad de agua conforme a los resultados obtenidos durante los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero donde la presencia y clasificación de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo con su taxonomía y puntuados según las tablas correspondientes; el índice BMWP/col muestra que el afluente del río Aláquez en el punto uno de estudio correspondiente al Parque Nacional Cotopaxi se encuentra en estado “Crítico”, mientras el índice ABI en los meses de noviembre y diciembre la calidad del agua tiende a ser “Mala” y en enero la calidad del agua fue “Regular”, con respecto al índice EPT se muestra una calidad “Mala” para los tres meses, mientras el índice de SHANNON – WEAVER muestra una biodiversidad “Poca” que va desde 1.125 en el mes de noviembre siendo este el valor más bajo, seguido del mes de diciembre con 1.509 que corresponde a un rango intermedio y 2.242 en enero siendo el valor más alto con una biodiversidad “Media”.

La calidad de agua con respecto al punto dos correspondiente a la Quebrada Gallinazohuaicu, de acuerdo con el índice BMWP/col indica que se encuentra en un estado “Crítico” para los tres meses, mientras los índices ABI y EPT la calidad del agua se ubica en “Malo” para los tres meses, en índice Shannon-Weaver la biodiversidad de los meses de noviembre y diciembre es “Poca” con valores de 1.454 para el mes de noviembre siendo este el más bajo, seguido del mes de diciembre con un valor de 1.586 siendo este el más alto y en el mes de enero la biodiversidad es “Media” con un valor de 1.983.

En el punto tres correspondiente al sector de La Matriz de acuerdo al índice BMWP/col realizado en los meses de noviembre y diciembre se muestra la calidad de agua “Muy crítica” y en el mes de enero se encuentra en calidad “Crítica”, de acuerdo a los índices ABI y EPT la calidad es “Pésimo” con respecto a los meses de noviembre y diciembre, mientras que el mes de enero la calidad es “Mala”, en cuanto a su biodiversidad es “Poca” con valores que van desde 0.063 correspondiente al mes de noviembre, seguido del mes de diciembre con 00.965 y enero con 1.451 siendo este el más alto.

Se recolectaron un total de 2174 de macroinvertebrados acuáticos, de los cuales, las especies que en su mayoría fueron más comunes y abundantes corresponden a las familias de Hyalellidae, Aeshinidae y Baetidae que dentro de los Índices BMWP/col y ABI tienen una puntuación establecida para determinar la calidad de agua ya que por lo general son especies que

toleran y soportan aguas muy contaminadas, mientras que dentro del índice EPT la especie más común encontrada fue la familia de Ephemeropteros, ya que esta especie es sensible a contaminantes y trastornos ambientales, por lo tanto son considerados como especies claves para determinar en cierto grado la contaminación del agua.

13. DISCUSIÓN

Según (Ladrera Fernández, 2012), la aplicación de bioindicadores se fundamenta exclusivamente en la alteración de las comunidades de organismos que habitan un cuerpo de agua frente a la incidencia de cambios en el medio acuático. Los organismos indicadores de la calidad de agua tienen la capacidad de integrar cambios que ha sufrido el hábitat a lo largo de la vida del organismo. De igual forma los indicadores biológicos no solo poseen la capacidad de presentar perturbaciones a la contaminación de un cuerpo de agua, sino que además son capaces de indicar alteraciones físicas del cauce y de la ribera.

Los índices biológicos aplicados indican un impacto de contaminación considerable, es así como el índice BMWP/Col en los primeros puntos muestra una calidad de agua “crítica” en comparación con el punto tres que presenta una calidad de agua “muy crítica”, mientras que el índice ABI indica una calidad de agua “mala” para los puntos uno y dos en comparación con el punto tres que presenta una calidad de agua “muy crítica”. En cuanto al índice EPT se registró la mayor abundancia de la familia Baetidae correspondiente al orden Trichoptera registrada en el punto uno, donde la calidad del agua resultó ser “mala” en los meses de noviembre y diciembre y “Regular” en el mes de diciembre. La escasa presencia de los organismos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) en los tres puntos de muestreo se debe a que estos organismos poseen la cualidad de no soportar variaciones en la calidad del agua (Giacometti V. & Bersosa V., 2006). Según Baguren y Orive, (1991) como se citó en (Cordero Ledergerber, 2015) afirma que las especies de orden Trichoptera no son tolerantes en cuerpos de agua donde existe mayor acumulación de materia orgánica, ya que este grupo es exigente a la concentración alta de oxígeno, son indicadores de aguas oligotróficas, es por ello que se observó que el número de individuos de EPT aguas abajo registro un decrecimiento considerable, siendo suplantado por los órdenes Bassomatophora y Díptera que fueron los individuos más abundantes en el punto tres del río, además de ser organismos de indicadores de aguas contaminadas (Giacometti V. & Bersosa V., 2006).

En el punto tres se registraron diferencias significativas entre la riqueza de las familias observadas, ya que este último punto de muestreo registro menos familias en comparación al punto uno y dos, en tanto las familias predominantes son las familias Lymnaeidae y Chironomidae, como también cabe destacar que de los tres puntos de muestreo, el punto tres resultó ser el más

contaminado , pues es en este punto donde se observó el mayor indicio de contaminación debido a la presencia de descargas líquidas que afectan las características físicas y químicas del agua. En este punto es fácil observar la presencia de materia orgánica, restos de materia vegetal y animal como también materia orgánica suspendida acompañada de malos olores, es por esa razón que la sola presencia de la familia Chironomidae le es atribuible la gran tolerancia que posee a este tipo de aguas (Minae, 2007), esto se debe a que tienen la cualidad de adaptarse permitiéndoles vivir en aguas escasas de oxígeno (Dajoz, 2002; López y Sedeño, 2015).

Referente al índice de diversidad de Shannon- Weaver la presente investigación nos muestra diferencias significativas entre los puntos de muestreo seleccionados, sin embargo, la abundancia de los puntos uno y dos fue significativamente mayor en comparación al punto tres. Probablemente esto se deba en que la cobertura vegetal es mucho mejor en comparación con el punto tres, lo cual hace que el tener una mejor cobertura vegetal en el punto uno y dos brinde una mejor protección al recurso hídrico, garantizando un mejor hábitat en comparación al punto tres donde la cobertura vegetal y la flora disminuye de manera considerable. En concordancia con Alonso, (2006) como se citó en (González et al., 2018) quienes descubrieron que en lugares donde existe poca presencia de vegetación por actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería se produce una reducción de la diversidad.

En cuanto a los resultados físicos – químicos y microbiológicos en comparación con el Acuerdo ministerial 097A Anexo 1 del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio Del Ambiente y agua del Ecuador (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua 2015, Tabla 14, de los nueve parámetros analizados solo tres “Si cumplen” con lo establecido en los límites máximos permisibles, estos parámetros corresponden a oxígeno disuelto, pH y coliformes fecales.

La presencia de bioindicadores en comparación con los índices biológicos BMWP/Col, EPT, ABI y SHANNON–WEAVER en conclusión son fundamentales para la determinación de la calidad del recurso hídrico del río Aláquez ya que a través de la ejecución de estos índices se logra considerar los efectos y/o impactos de las actividades antrópicas en los ecosistemas fluviales basados en criterios de calidad biológicos. En la presente investigación se logró recolectar un total de 2174 individuos de macroinvertebrados que conjuntamente con el número de familias halladas y acorde a su nivel de tolerancia de cada familia y aplicando los índices biológicos se determina

que la calidad de agua del río Aláquez se encuentra en un rango de aguas de “mala calidad” es por ello que a lo largo de esta investigación se ha podido evidenciar acciones que han provocado efectos sobre el recurso hídrico dando una visión de la alteración ambiental sobre este.

14. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿En base a las características físicas – químicas del recurso hídrico y las características biológicas de las especies de macroinvertebrados se podrá conocer el estado de contaminación del río Aláquez?

Los parámetros físicos-químicos evaluados en el presente proyecto de investigación permitieron conocer el estado en el que se encuentra el recurso hídrico del río Aláquez, mediante la ejecución y aplicación del índice de calidad ICA, el cual permite incorporar datos de parámetros físicos - químicos mediante una ecuación matemática, que evalúa el estado de un cuerpo de agua. Este índice permite determinar la vulnerabilidad del recurso hídrico frente a amenazas potenciales. Los resultados que se obtuvieron una vez ejecutado el índice de calidad ICA indican que para el punto uno ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi el grado de calidad es “Bueno”, mientras que para el punto dos ubicado en la Quebrada Gallinazohuaicu el grado de calidad es “Regular” y por último el punto tres ubicado en el sector La Matriz indica que el grado de calidad es “Malo”, lo cual es evidentemente ya que cada uno de los puntos muestreados se encuentran en la zona alta, media y baja del río Aláquez donde a medida que el cuerpo de agua avanza aguas abajo se observa asentamientos urbanos lo cual hace que el cuerpo de agua sufra cambios físicos – químicos producto de la contaminación que emiten este tipo de asentamientos cercanos al recurso hídrico.

Los índices aplicados BMWP/Col, EPT, ABI y SHANNON–WEAVER, permitieron conocer el grado de calidad de agua por medio de la utilización de macroinvertebrados, los cuales están clasificados por puntuaciones en relación con el índice que se aplique. Las características que distinguen unos macroinvertebrados de otros se basa en el nivel de tolerancia a ciertos cambios que se producen en un cuerpo de agua, es el caso de los EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), que son considerados por ser buenos indicadores de calidad y que a su vez tienen la capacidad de abandonar un cuerpo contaminado por ir en busca de cauces donde las condiciones ambientales sean mejores y acordes al hábitat que naturalmente caracteriza a estos individuos por ser tolerante de aguas limpias. Las características que poseen otros individuos como: Chironomidae (Diptera); Tubificidae (Oligochaeta) se les atribuye una gran tolerancia respecto a otros organismos, ya que estos son considerados por habitar en aguas contaminadas donde existe reducción de oxígeno y acumulación de materia orgánica, es así como las características que

poseen los macroinvertebrados acuáticos ayudan a la determinación de la calidad del recurso hídrico.

¿Los índices a aplicarse permitirán determinar el estado de contaminación del recurso hídrico?

Los bioindicadores aplicados en el proyecto tuvieron correspondencia con la determinación de la calidad del agua calculada a través del ICA, que agrupa parámetros fundamentales para el análisis objetivo, en los meses de noviembre y diciembre en los puntos uno y dos se obtiene una calidad de agua de “Bueno” y “Regular” con un rango de 75.94 a 60.20, y en el punto tres una calidad “Malo” con un rango 55.41 – 36.40, mientras que el índice BMWP/col en los puntos uno y dos correspondiente a noviembre y diciembre, la calidad del agua estuvo en un rango de “Crítica - Muy Crítica” equivalente a puntuaciones de 5 – 28 , mientras que el mes de enero la calidad estuvo entre “Dudosa – Crítica” con un rango de 16 – 45, los índices ABI y EPT en los tres meses de muestreo en todos los puntos analizados, la calidad varia de “Pésima – Mala” ya que estos índices determinan la calidad por medio de la abundancia de ciertas familias de bioindicadores como el índice EPT el orden con más predominancia es la Ephemeroptera, y el último índice SHANNON-WEAVER la biodiversidad de los macroinvertebrados es “Poca” para los tres puntos de muestreo en los tres análisis.

Los resultados obtenidos al aplicarse los índices biológicos demuestran que, si es posible determinar la calidad del recurso hídrico, ya que los resultados arrojaron parámetros cualitativos que permiten tener una visión del grado de contaminación que se puede encontrar un cuerpo de agua, como también permite la comparación con el índice ICA y la normativa ambiental vigente y así determinar cuáles son las condiciones en la que se encuentra el estado de un ecosistema fluvial.

15. IMPACTOS (SOCIAL, AMBIENTAL O ECÓNOMICO)

15.1. Impacto Social

En relación con la problemática planteada para el desarrollo en el presente proyecto de titulación se definieron varios impactos positivos que pueden beneficiar a los ejes sociales. Un punto muy importante a analizar es la calidad del agua presente en tres puntos representativos seleccionados para el muestreo, ya que según los resultados que arrojaron los diferentes índices se determinó que la calidad del agua del río Aláquez se encuentran en un rango de Crítico a Muy Crítico, información vital para las comunidades aledañas al río que viven de actividades agropecuarias, favoreciendo al conocimiento en el eje social del estado ambiental al cual están expuestos los moradores de la parroquia; un impacto positivo es generar varias iniciativas colectivas que desemboquen en propuestas y decisiones con las autoridades locales para mejorar la calidad de vida de los moradores del sector y a su vez se mejora el desarrollo social potenciando las actividades productivas a través de la protección ambiental.

15.2. Impacto Ambiental

En el desarrollo del trabajo de titulación sobre la calidad del agua del río Aláquez de acuerdo con las visitas in situ, se constató las actividades antrópicas e industriales que se encuentran en las zonas aledañas al río. A simple vista se puede decretar que en el cauce medio y la desembocadura se ven contaminadas debido a las descargas directas proveniente de origen doméstico, residuos comunes y excretas de animales, de acuerdo con los resultados obtenidos el impacto ambiental que afecta al río Aláquez es negativo debido a la contaminación que presenta la zona.

15.3. Impacto Económico

A nivel económico el impacto que deja este proyecto de investigación es favorable debido a su bajo costo, ya que para realizar futuras investigaciones sirve como motivación para seguir investigando y generar soluciones a nivel de tratamiento del recurso hídrico.

16. CONCLUSIONES

- La calidad de agua del río Aláquez actualmente se encuentra afectada ya que presenta alteraciones físicas-químicas, esto debido a las diferentes actividades antrópicas que existen en los sectores aledaños al recurso hídrico, siendo las actividades más comunes como: la ganadería, agricultura e industrial.
- En los tres puntos de muestreo seleccionados para el proyecto de investigación se recolectó un total de 2174 individuos de macroinvertebrados distribuidos entre 16 familias halladas, en el afloramiento la familia más predominante corresponde a la Tubificidae perteneciente al Orden Haplotaxida con un total de 123 individuos. En los puntos del cauce medio y la desembocadura la familia predominante de estos puntos corresponde a la Lymnaeidae perteneciente al Orden Basommatophora, con un total de 198 individuos para el punto dos y 62 individuos para el punto 3.
- El índice Shannon-Weaver indica que para los puntos de muestreo uno y dos la diversidad de especies presenta un criterio de diversidad “Media” pues los valores en los dos puntos muestreados se encuentran entre 1.63 y 1.67 lo que demuestra que hay cierto equilibrio entre ambos puntos, mientras que en el punto tres se registró un valor promedio de 0.83 lo que corresponde a un criterio de diversidad “Poca”, esto se debe a que en este punto existe mayor cantidad de materia orgánica lo cual hace que se reduzca la vida acuática en la zona de muestreo.
- El índice EPT consideró tres grupos de macroinvertebrados más sensibles a la contaminación orgánica, para ello se tomó en cuenta a las familias que pertenecen a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera. Los valores promedio para cada uno de los puntos muestreados reveló que el punto de afloramiento se encuentra en un rango de calidad de agua “Regular” mientras que los puntos de cauce medio y desembocadura se encuentran en un rango de calidad de “Mala”, estas familias son sensibles a alteraciones ambientales por lo que se considera que el punto uno se encuentra con menor contaminación.
- En el índice BMWP se evidencia aguas de calidad crítica y muy crítica con lo que se puede concluir que en base a este índice el estado del río Aláquez se encuentra en una categoría de aguas Muy contaminadas, excepto en la desembocadura que son aguas fuertemente contaminadas, esto se debe a que en este sector desemboca en el río Cutuchi, ubicado en el

centro de la ciudad de Latacunga donde existe mayor incidencia de actividades antrópicas como la ganadería y agricultura, así como la mala disposición de aguas residuales de la ciudad.

- La abundancia de los macroinvertebrados está en función del caudal ya que se presentó pocos individuos en los meses de mayor precipitación tales como diciembre con un caudal de $1.62 \text{ m}^3/\text{s}$ y enero con $1.83 \text{ m}^3/\text{s}$, al contrario del mes de noviembre que el caudal fue de $1.30 \text{ m}^3/\text{s}$ por ende la abundancia de individuos fue considerable debido a la poca precipitación.

17. RECOMENDACIONES

- Implementar medidas de mitigación en los sectores que existe mayor impacto de contaminación sobre el recurso hídrico con el fin de preservar la calidad del agua, la misma que puede utilizar para las actividades diarias de quienes hacen uso del recurso agua.
- Efectuar campañas de concientización ambiental con las autoridades competentes hacia los moradores aledaños al río, implementando técnicas para la preservación y remediación del recurso agua.
- Dar un pretratamiento a las aguas residuales, domésticas e industriales, para de esta manera disminuir los impactos que generan estos vertidos en el recurso hídrico.
- Efectuar monitoreos ambientales constantes del recurso hídrico para determinar los niveles de contaminación y las fuentes que las originan, de esta manera intervenir en los sectores generadores de contaminantes y proponer medidas que permitan reducir niveles de contaminación que son generadas por el sector agrícola, doméstico e industrial.

18. BIBLIOGRAFÍA

- Abella, J., Martínez, M. (2012). *Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del Lago de Tota (Boyacá, Colombia)*. Revista Colombiana de Química, 41 (2), 243-262.
- Aguirre, F. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf>
- Arcos Pulido, M. D. P., Ávila de Navia, MSC, S. L., Estupiñán Torres, MSC, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>
- Aguilar Ibarra, A., Jiménez Cisneros, B., Valiente Riveros, E., Ponce Vélez, G., Villanueva Fregoso, S., Botello, Alfonso V., López Álvarez, B., Herrera Zamarrón, G., Carrillo Rivera, J., Cardona, A., Mazari Hiriart, M., Aguilar Medina, M., Espinosa García, A., Durán Rivera, N., Zambrano, L., Ávila Forcada, S. y Espejo Rosario, R. (2010). *Calidad del Agua un enfoque multidisciplinario*. Universidad Nacional Autónoma de México IIEc.
- Arellano Díaz, J., & Guzmán Pantoja, J. E. (2011). *Ingeniería Ambiental*. Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Brown, E., & Rodríguez, M. (2013). *Recursos para Agricultores Nitrato en el Agua Potable*.
- Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intrópica*, 41.
- Cabanillas, R., Delgado, S., & Eyzaguirre, P. (2015). *Interpretación de resultado de análisis de aguas de consumo humano*.
- Calles, J. (2018, 09). *El Agua en el Ecuador*. <http://agua-ecuador.blogspot.com/>
- Campaña K, A., Nieto C, C., Barrera, A. R., & Isch L., E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla*. 52.
- Castro López, P. D. R. (2016). *Plan de Evaluación y mejoramiento para el manejo de desechos sólidos orgánicos para la Parroquia San José De Minas, Provincia de Pichincha* [Investigativa, Universidad Central Del Ecuador].

- Código Orgánico del Ambiente (COA). (2017).
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2012). 218.
- Cordero Ledergerber, P. A. C. (2015). *Calidad del agua para los ríos altoandinos, mediante indicadores biológicos*. 104.
- Cueva Velásquez, M. F. (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*. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3855/3/Cueva.pdf>
- DAJOZ, R. 2002. Capítulo 5: *Los Factores Abióticos en el Agua y en el Suelo*. 2da ed. In: Tratado de Ecología, Madrid. pp. 89-90.
- De la Nuez, D., Valero Rodríguez, J. M., & Herrera Paz, D. L. (2015). Algae Communities as Bioindicators of Environmental Quality on a Rocky Shore of Mediterranean (S. E. Iberian Peninsula). *Revista de Ciencias*, 1, 16.
- Delgado, M. (2012). *Las moléculas de agua, la química y la vida*. *Investigación química*. <https://gestion.analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/576/535>
- Dousdebes, C. (2016). *EsIA y PMA del Puerto de Aguas Profundas de Posorja*.
- Endara, A. (2012). Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*, 3(2), 33-41. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v3n2.3>
- Gaitan, O. P. L. (s. f.). *Caracterización de Parámetros Microbiológicos y Fisicoquímicos del Sistema para producir agua desionizada tipo II, en una Industria Cosmética*. 16.
- García-Guadalupe, M. E., Ramírez-Sánchez, H. U., Ulloa Godínez, H., Arias, S., & Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara (México). *Investigaciones Geográficas*, 58, 9. <https://doi.org/10.14198/INGEO2012.58.01>
- Galloza Huerta, A., & Yauri Cochachin, J. P. (2017). *Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la calidad del agua, relacionados con metales pesados en la Sub Cuenca Yanayacu - Ancash, septiembre 2015—abril 2016*.

- Garrigran, G., Legarralde, T., Marzorratti, G., Moroñas, M., & Vilches, A. (2010). *Guía para el estudio de macroinvertebrados*. 35.
- Giacometti V., J. C., & Bersosa V, F. (2006). *Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi*. <file:///C:/Users/Angiie%20Cede%C3%B1o/Downloads/1394-4910-1-PB.pdf>
- Gonzáles, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel Henrietta. (2018). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados*.
<https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf>
- González Toro, C. (2011). *Monitoreo de la calidad del agua*.
<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010, diciembre). *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. 58.
- Instituto nacional de estadística y censos. (2010).
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Molina Vera, A., Pozo, M., & Serrano, J. C. (2018). *AGUA, _SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf*.
- Ladrera Fernández, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*.
- Ladrera, R., & Rieradevall, M. (2013). *Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica*. 19.
- Llumigusín, F. A. T. (2012). *Validación de los métodos de ensayo para Fenoles, Tensoactivos, Sólidos Suspendidos y Total de Sólidos Disueltos (Tds)*. 209.
- López, E. y Sedeño. J. (2015). *Biological indicators of water quality: The role of fish and macroinvertebrates as indicators of water quality*. In: Armon, R. H. & O. Hänninen (Eds.). *Environmental indicators*, © Springer Science+Business. pp. 650-652. DOI: 10.1007/978-94-017-9499-2
- Mares Irene, R. (2017) *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire*.
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IRENE%20MARES%20RUEDA.pdf>

- Medina, H. (2012) *Uso de biomarcadores en peces como herramienta para evaluar la exposición y efecto de contaminantes ambientales en cuerpos de agua* <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3680/MCA1UBP01201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño* (Primera). Alfaomega Grupo Editor S.A. www.alfaomega.com.co
- Ministerio Nacional de Ambiente y Energía (MINAE). 2007. *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales: Capítulo IV: Monitoreo Biológico*. La Uruca, San José: La Gaceta Diario oficial 178. Decreto N° 33903-MINAE-S, pp. 3-4.
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*.
- Morales Salinas, N. E. (2011). *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica*
- Nuccetelli, C., Rusconi, R., y Forte, M. (2012). Radioactivity in drinking water: regulations, monitoring results and radiation protection issues. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 48(4), 362-373.
- Organization United Nations Educational, Scientific and Cultural. (2019). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature Based Solutions for Water*. UN.
- Pastran, M. (2017). *Evaluación de la Calidad del Agua Mediante la utilización de Macroinvertebrados Bentónicos, como Bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez (CHIQUINQUIRÁ – BOYACÁ)*
- Pütz, P. (2010). *Eliminación y determinación de fosfato*. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- Quevedo, P. M. (2017). *Obtención de un Índice de Calidad de Agua (ICA) para Las Ciénagas que forman parte de la Zona Inundable del río Magdalena en el Departamento del Atlántico – Colombia, a través de la aplicación del Método Delphi*. 105.

- Quezada, M. M. (2019). *Variación de la comunidad de macroinvertebrados y la relación con las características ambientales en riachuelos en el páramo del Macizo del Cajas*. 53.
- Raffo, E., Ruiz, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. *Industrial Data*, 17 (1), 71-80.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=816/81640855010>
- Reglamento Al Código Orgánico del Ambiente. (2019).
- Rodó, J. E. (2018, noviembre 15). *Monitoreo de variables físico - químicas de agua* [Noticias]. Aguasurbanas.
- Rodríguez, E. L., & Astudillo, E. K. (2015). *CARACTERIZACIÓN Y DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE AVIFAUNA DEL ÁREA NACIONAL DE RECREACIÓN PARQUE LAGO*. 36.
- Rubio Arias, H. O., Ortiz Delgado, R. C., Quintana Martínez, R. M., Saucedo Terán, R. A., Ochoa Rivero, J. M., & Rey Burciaga, N. I. (2014). *ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) EN LA PRESA LA BOQUILLA EN CHIHUAHUA, MÉXICO*. 139-150.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000200005
- SENAGUA (Secretaria Nacional del Agua). (2012). *Consumo de Agua del Ecuador para zonas de riego*. Ecuador.
- Sigler, W. A., & Bauder, J. (2012). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. 1.
- Terneus, E., Racines, M. J., & Hernández, K. (2013). *Evaluación Ecológica del Río Lliquino a Través de Macroinvertebrados Acuáticos, Pastaza – Ecuador*. *Revista de Ciencias*, 16, 31-45. <https://doi.org/10.25100/rc.v16i0.501>
- Toledo Basantes, M. B. T. (2015). *Determinación de la calidad del agua mediante el uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores en la Microcuenca del Río Chimborazo*. 155.
- Torres, P. (2012). *Perspectivas del tratamiento anaeróbico de aguas residuales domesticas en países en desarrollo*. *Revista EIA*, 9(12), 115-119.
<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n18/n18a10.pdf>

- Trujillo, M. I., & Ponce, Y. Y. (2018). *Determinación de Calidad Microbiológica del agua de los dispensadores de oficinas farmacéuticas en el Distrito de Villa El Salvador - 2018*
- Urgilez, P. (2016). Control de Calidad de Agua y análisis de sedimentos en la Microcuenca del río Tabacay.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25959/1/tesis.pdf>
- Uriarte Julia Máxima. (2020, marzo 10). *Ríos. Información y Características*.
<https://www.caracteristicas.co/rios/>.
- Vázquez G., Castro G., González I., Pérez R., Castro T. (2006) *Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua*. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-como-herramientas-para-determinar-la-calidad-del-agua.pdf>
- Velasco, D. M., & Guerrero, Arq. M. (2014). *G.A.D. Parroquial Rural De La Parroquia De Alaquez*. 238.
- Viteri, M., Chalen, J. y Cevallos, Z. (2017). Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Revista Científica Dominio de la Ciencias*, Vol. 3 (3), 628 - 646.
- Zarza, L. F. (2018). *Día Mundial del Agua 2018: La respuesta está en la naturaleza (y en nosotros)*. <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/dia-mundial-agua-2018-respuesta-esta-naturaleza-y-nosotros>

ANEXOS

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DE LOS MESES DE NOVIEMBRE, DICIEMBRE Y ENERO

Tabla 16.

Número de especies encontradas en el mes de noviembre en el Parque Nacional Cotopaxi

NOVIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 17/11/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 08:46 am			TEMPERATURA: 12.5°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 18/11/2020			CAUDAL: 1.37 m ³ /s		RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David			
COORDENADAS: X: -78.533163			Y: -0.8284778		ALTITUD: 3032 msnm		PARQUE NACIONAL COTOPAXI	
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Odonatas	Aeshindae	100	6	6	-	
2	Insecta	Díptera	Tipulidae	115	3	5	-	
3	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	123	1	1	-	1.125
4	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	2	9	8	-	
TOTAL				340	19	20	0	
RESULTADOS				Crítica		Mala	Mala	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 17.

Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Quebrada Gallinazohuaicu

NOVIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 17/11/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 10:19 am			TEMPERATURA: 12.5°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 18/11/2020			CAUDAL: 1.82 m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS:		X: -78.558562		Y: -0.832475		ALTITUD: 3022 msnm QUEBRADA GALLINAZOHUAICU		
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Díptera	Chironomidae	59	2	2	-	
2	Insecta	Díptera	Ceratopogonidae	48	3	4	-	
3	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	3	9	8	3	
4	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	4	1	1.454
5	Insecta	Díptera	Limoniidae	64	-	4	-	
6	Insecta	Díptera	Psychodidae	49	7	3	-	
TOTAL				224	28	25	1.780	
RESULTADOS				Crítica		Mala	Mala	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 18.*Número de especies encontradas en el mes de noviembre en el sector La Matriz*

NOVIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 17/11/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 13:26pm			TEMPERATURA: 20.4°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 18/11/2020			CAUDAL: 0.5 m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS:		X: -78.624561		Y: -0.917673		ALTITUD: 2779 msnm		LA MATRIZ
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Oligochaeta	Opisthopora	Sparganophilidae	41	1	1	-	
2	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	83	4	3	-	0.063
TOTAL				124	5	4	0	
RESULTADOS				Muy Crítica		Pésimo	Mala	Biodiversidad Poca

Nota. Elaborado por Autores

Tabla 19.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en el Parque Nacional Cotopaxi

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 13/12/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 10:15 am			TEMPERATURA: 14°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 14/12/2020			CAUDAL: 1.82m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS: X: -78.533163			Y: -0.8284778			ALTITUD: 3032 msnm		
						PARQUE NACIONAL COTOPAXI		
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Amphipoda	Malacostraca	Hyaellidae	66	7	6	-	
2	Oligochaeta	Ophisthoptora	Lumbricidae	48	1	1	-	
3	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	18	1	-	-	1.509
4	Insecta	Odonatas	Aeshinidae	24	6	6	-	
5	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	54	7	4	54	
TOTAL				210	22	17	25.71	
RESULTADOS					Crítica	Mala	Regular	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 20.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Quebrada Gallinazohuaicu

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 13/12/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 12.36 pm		TEMPERATURA: 16°C			
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 14/12/2020			CAUDAL: 1.84 m ³ /s		RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David			
COORDENADAS: X: -78.558562		Y: -0.917673		ALTITUD: 3022 msnm		QUEBRADA GALLINAZOHUAICU		
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Díptera	Insecta	Blephariceridae	60	10	10	-	
2	Ephemeroptera	Insecta	Isonychiidae	54	-	4	-	
3	Oligochaeta	Ophisthoptora	Lumbricidae	47	1	1	-	1.586
4	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	36	9	3	-	
5	Clitellata	Haplotaxida	Tubicidae	34	1	-	-	
TOTAL				231	21	18	0	
RESULTADOS				Crítica		Mala	Mala	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 21.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en el sector La Matriz

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 13/12/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 14.36 pm			TEMPERATURA: 22 °C		
FECHA IDENTIFICACIÓN: 14/12/2020			CAUDAL: 1.22 m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS: X: -78.624561			Y: -0.917673			ALTITUD: 2779 msnm		LA MATRIZ
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Gastropoda	Basamatophora	Lymnaeidae	198	4	3	-	
2	Oligochaeta	Ophisthopora	Lumbricidae	25	1	1	-	
3	Oligochaeta	Ophisthopora	Sparganophilidae	30	-	1	-	00.965
4	Insecta	Díptera	Chironomidae	36	2	2	-	
TOTAL				289	7	7	0	
RESULTADOS				Muy Crítica		Pésimo	Mala	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 22.

Número de especies encontradas en el mes de enero en el Parque Nacional Cotopaxi

ENERO								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 17/11/2020			HORA DE RECOLECCIÓN: 10:56 am			TEMPERATURA: 13.25°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 18/11/2020			CAUDAL: 1.91 m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS: X: 78.533163			Y: -0.8284778			ALTITUD: 2779 msnm PARQUE NACIONAL COTOPAXI		
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	56	7	6	-	
2	Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	38	-	-	38	
3	Oligochaeta	Opisthoptera	Sparganophilidae	27	-	1	-	
4	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	48	3	3	-	
5	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	23	7	5	-	
6	Insecta	Diptera	Blephariceridae	38	10	10	-	2.242
7	Oligochaeta	Opisthoptera	Lumbricidae	12	-	-	-	
8	Insecta	Díptera	Chironomidae	31	2	2	-	
9	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	7	4	4	
10	Haplotaxida	Oligochaeta	Tubificidae	21	1	-	-	
11	Insecta	Díptera	Simuliidae	13	8	5	-	
TOTAL				311	45	36	13.50	
RESULTADOS				Dudosa	Regular	Mala	Biodiversidad Media	

Nota: Elaborado por Autores

Tabla 23.

Número de especies encontradas en el mes de enero en la Quebrada Gallinazohuaicu

ENERO								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:		HORA DE RECOLECCIÓN:		TEMPERATURA: 15.25°C				
17/01/2021		13:48 pm						
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		CAUDAL: 1.72 m ³ /s		RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David				
17/01/2021								
COORDENADAS:		X: -78.558562 Y: -0.832475		ALTITUD: 3022 msnm		QUEBRADA GALLINAZOHUAICU		
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Díptera	Blephariceridae	25	10	10	-	
2	Oligochaeta	Opisthoptera	Lumbricidae	45	-	-	-	
3	Insecta	Diptera	Chironomidae	31	2	2	-	
4	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	6	7	4	6	
5	Insecta	Díptera	Simuliidae	38	8	5	-	1.983
6	Insecta	Díptera	Thaumaleidae	33	-	-	-	
7	Gastropoda	Basomatophora	Lymnaeidae	49	4	3	-	
8	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	25	9	3	-	
TOTAL				252	40	27	2.38	
RESULTADOS				Dudosa		Mala	Mala	Biodiversidad Media

Nota: *Elaborado por Autores*

Tabla 24.*Número de especies encontradas en el mes de enero en La Matriz*

ENERO								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN: 17/01/2021			HORA DE RECOLECCIÓN: 15:32 pm			TEMPERATURA: 21.2°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 18/01/2021			CAUDAL: 1.86 m ³ /s			RESPONSABLES: Cedeño Angie; Romero David		
COORDENADAS: X: -78.624561			Y: -0.917673			ALTITUD: 2779 msnm		LA MATRIZ
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT %	SHANNON-WEAVER
	Oligochaeta	Opisthoptera	Lumbricidae	39	-	-	-	
	Insecta	Díptera	Chironomidae	38	2	2	-	
	Gastropoda	Basomatophora	Lymnaeidae	62	4	3	-	
	Insecta	Trichoptero	Hydroptilidae	5	7	6	5	1.451
	Insecta	Díptera	Ceratopogonidae	49	3	4	-	
TOTAL				193	16	15	2.59	
RESULTADOS				Crítica		Mala	Mala	Biodiversidad Poca

Nota: *Elaborado por Autores*






ANEXO 2.


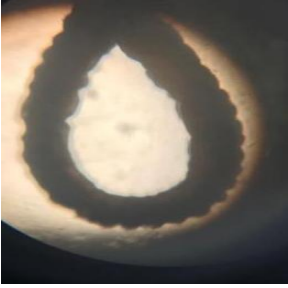


DESCRIPCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS





Tabla 25.






Descripción y registro fotográfico de macroinvertebrados recolectados.

TAXONOMIA	CARACTERISTICAS	FOTOGRAFIA
<p>ORDEN: Amphipoda</p> <p>CLASE: Malacostraca</p> <p>FAMILIA: Hyalellidae</p>	<p>Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola). Cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos, en los machos el segundo par es más largo que el resto. Son de color anaranjado que suele ponerse blanco al ser conservados. (González et al., 2018)</p>	
<p>ORDEN: Trichoptera</p> <p>CLASE: Insecta</p> <p>FAMILIA: Ecnomidae</p>	<p>Abdomen con un par de uñas anales con forma de gancho. Metanoto totalmente esclerotizado. Sin branquias abdominales ventrales. Segmento abdominal IX membranoso, sin esclerito dorsal. Sin estuche. Se encuentran en los márgenes de medios de aguas corrientes y estancadas. Depredadores. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)</p>	
<p>ORDEN: Opisthoptora</p> <p>CLASE: Oligochaeta</p> <p>FAMILIA: Sparganophilidae</p>	<p>Cuerpo segmentado, sin ventosas, sin molleja con dos quetas por fascículo. Longitud mayor de 50 mm. Diámetro del cuerpo mayor de 2 mm. Viven en ambientes lóticos, en zonas poco oxigenadas y con acumulo de materia orgánica. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)</p>	
<p>ORDEN: Coleoptera</p> <p>CLASE: Insecta</p> <p>FAMILIA: Hydrophilidae</p>	<p>Larva: cabeza subcuadrangular y con líneas frontales en forma de "V". Primer segmento de la antena mucho más largo que el segundo. Mandíbulas asimétricas con pequeños dientes basales diferentes en forma y posición. Patas bien desarrolladas, de cinco segmentos. Viven tanto en aguas lólicas como lénticas. Algunas especies son semiacuáticas. Las larvas son depredadoras y los adultos omnívoros, algunos carroñeros. (González et al., 2018)</p>	
<p>ORDEN: Coleoptera</p> <p>CLASE: Insecta</p>	<p>Larva: Patas con 4 artejos. Abdomen con 8 segmentos. Antenas muy largas, sobrepasan la cabeza. Son frecuentes en aguas de poca corriente, asociados a la vegetación marginal.</p>	

FAMILIA: Scirtidae	Se alimentan de restos vegetales. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
ORDEN: Diptera	Larvas de forma subcilíndrica con la parte ventral aplanada, segmentación del cuerpo muy evidente, con 5 constricciones formando 6 regiones, la primera contiene la cabeza, tórax y primer segmento abdominal y la última contiene los segmentos abdominales VII-X. Presentan unas fuertes ventosas ventrales en cada una de estas seis regiones que les permiten sujetarse al sustrato.	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Blephariceridae	Normalmente tanto larvas como pupas viven adheridas en piedras y rocas en zonas de rápidos y saltos de agua, donde se alimentan de perifiton. (González et al., 2018)	
ORDEN: Opisthoptera	Cuerpo segmentado, sin ventosas. Con molleja. Con dos quetas por fascículo.	
CLASE: Oligochaeta	Longitud mayor de 50 mm. Diámetro del cuerpo mayor de 2 mm. Viven en diferentes ambientes de aguas dulces, especialmente en el curso alto de ríos y arroyo. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
FAMILIA: Lumbricidae		
ORDEN: Coleoptera	Son larvas de patas con 4 artejos, su abdomen con 8 segmentos y antenas muy largas que sobrepasan la cabeza. Son frecuentes en aguas de poca corriente, asociados a la vegetación marginal. Se alimentan de restos vegetales. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Scirtidae		
ORDEN: Diptera	Larvas eucéfalas, con pseudópodos anales y torácicos, Se encuentran en todo tipo de hábitats dulceacuícolas. Algunas especies son muy tolerantes a la contaminación y soportan condiciones de anoxia. De alimentación muy varile (detrí voros, microfagos, parásitos, etc.). (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Chironomidae		
ORDEN: Diptera	Larvas eucéfalas. Con 6 ventosas ventrales y 6 pares de uñas. Viven en aguas de corrientes fuertes y frías. Raspadores. Se alimentan de algas, bacterias y materia orgánica. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Blephariceridae		
ORDEN: Ephemeroptera	Su ángulo posterior de los terguitos abdominales no prolongado en un proceso a lado. Branquias no plumosas. Cercos con sedas en el margen interno. Viven en todo	
CLASE: Insecta		

FAMILIA: Baetidae	tipo de ambientes de agua dulce, especialmente abundantes en arroyos y ríos. Algunas especies son tolerantes a la contaminación orgánica. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
ORDEN: Diptera	Larvas con forma de cuerpo cilíndrica y ligeramente curvada, ventralmente coloración variable, de blanquecino a verde o marrón oscuro. Cabeza bien diferenciada y esclerotizada, algunas con manchas en el dorso. Protórax con una corta proyección antero ventral (propata). El abdomen presenta los segmentos anteriores delgados y los terminales ensanchados. Extremo caudal del cuerpo, con un anillo posterior, compuesto por 60 -250 hileras de ganchos (cada hilera a su vez con 12 a 30 ganchos) que en su conjunto actúa como un órgano de fijación en el sustrato a manera de ventosa. (González et al., 2018)	
CLASE: Insecta	Cuerpo segmentado, sin estrechamiento entre los segmentos. Sin probóscide y sin ventosas. Con más de dos quetas por fascículo, de forma variable. Coloración generalmente rojiza. Viven principalmente en ambientes lenícos, muy frecuentes en el fondo de embalses. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
FAMILIA: Simuliidae	Larvas eucéfalas, con protuberancias en la cápsula cefálica. Con pseudópodos anales y torácicos. Viven en la película de agua que resbala sobre las piedras (Madícolas). Se alimentan raspando el sustrato. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
ORDEN: Basomatophora	Concha dextrógira, con abertura hacia la derecha. Sin opérculo ni ombligo. Tamaño: 5 - 20 mm. Viven en aguas estancadas y corrientes. (Puig Infante & Barrios Barcia, 2012)	
CLASE: Gastropoda		
FAMILIA: Lymnaeidae		

ORDEN: Coleoptera	Comúnmente conocidos como escarabajos, son el grupo más diverso de insectos, generalmente asociadas un amplio gradiente de condiciones ambientales, desde aguas de corriente rápida y oxigenadas hasta ambientes lenticos y de vegetación litoral.	
CLASE: Insecta	Los adultos poseen cabeza, tórax y abdomen distinguibles entre sí, generalmente con patas adaptadas a la locomoción dentro o sobre el agua. (González et al., 2018)	
FAMILIA: Dytiscidae		
ORDEN: Trichopteros	Larvas maduras muy pequeñas (menos de 5 mm) llamadas “microtricópteros. El dorso de los tres segmentos torácicos presenta placas bien esclerotizadas. A diferencia de los Hydropsychidae no presentan branquias abdominales. Los primeros estadios larvales son de vida libre y no forman estuche. Sólo el último estadio teje un estuche de seda al que adhiere otros materiales presentes en el lecho del río, siendo bastante característico el tipo de estuche en cada género. En la zona de estudio se encontraron cinco géneros. La siguiente diagnosis de estos se basa exclusivamente en larvas maduras. Tener precaución con larvas de primeros estadios, pues suelen ser bastante diferentes a las maduras. (González et al., 2018)	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Hydroptilidae		
ORDEN: Diptera	Larvas con la cabeza generalmente bien esclerotizada, evidente y expuesta. Segmentos torácicos y abdominales bien diferenciados. Sin espiráculos funcionales, respiran por el tegumento. Pueden ser de hábitos terrestres, semiacuáticos o acuáticos. Algunas en hábitats lenticos como	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Ceratopogonidae	Aguas retenidas por troncos y hojas de plantas, mientras otras son completamente bentónicas. Suelen ser detritívoros o depredadores. Del género Culicoides, la cabeza corta redondeada y setas del último segmento abdominal más cortas que el último segmento. (González et al., 2018)	
ORDEN: Odonatas	Las Anisoptera, “Odonata” tienen mandíbulas bien desarrolladas, poseen un <i>labium</i> característico donde forma una especie de máscara que encubre otras partes bucales, los ojos bien desarrollados y el	
CLASE: Insecta		
FAMILIA: Aeshinidae		

	abdomen puede tener 3 branquias similares a cercas o en 5 puntas. (González et al., 2018)	
<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Diptera</p> <p>FAMILIA: Tipulidae</p>	<p>Los Tipulidae se las puede determinar por mosquitos gigantes, con patas largas y alas estrechas, el cuerpo puede medir hasta 25 mm, estos viven en lugares húmedos y con vegetación abundante o las larvas que son acuáticas o semiacuáticas y comen materia vegetal en descomposición. Algunos son fitófagos y pueden dañar plantas cultivadas y algunos son depredadores. (González et al., 2018)</p>	
<p>ORDEN: Trichoptera</p> <p>CLASE: Insecta</p> <p>FAMILIA: Philopotamidae</p>	<p>Los tricópteros se caracterizan por tener 6 patas segmentadas o articuladas estas son alargadas y delgadas, no cuenta con branquias, en la cabeza posee dos ojos compuestos bien desarrollados, las antenas son largas, las piezas bucales son de tipo lamedor con las mandíbulas generalmente vestigiales. (González et al., 2018)</p>	
<p>ORDEN: Díptera</p> <p>CLASE: Insecta</p> <p>FAMILIA: Limoniidae</p>	<p>Con cabeza distinguible, pseudópodos, Branquias u otros apéndices, los Dípteros son holometábolos, lo que significa que tienen etapas de vida de huevo, larva, pupa y adulta. Para las especies acuáticas, todas las etapas de la vida, excepto el adulto, suelen ser acuáticas. Las larvas en este orden a menudo tienen forma de gusanos y nunca tienen patas segmentadas. (González et al., 2018)</p>	
<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Trichoptera</p> <p>FAMILIA: Xiphocentronidae</p>	<p>Insectos de metamorfosis completa. Los estados de larva y pupa de todas las especies son completamente acuáticos. Como modo de protección, muchas larvas construyen estuches de diversos materiales encontrados en el lecho del río (grava, arena, musgo, tallos, etc.). Los adultos son de hábitos terrestres (aéreos) y se asemejan a polillas, pero tienen setas en el cuerpo en lugar de escamas. Se les encuentra en las riberas de los ríos y son fácilmente atraídos con trampas de luz. Las larvas tienen formas y tamaños muy variables, se caracterizan por presentar solamente uno a siete ojos simples en cada lado de la cabeza, antenas muy reducidas o ausentes; por lo menos el pronoto esclerotizado, tres pares de patas torácicas articuladas y el abdomen termina en un par de apéndices caudales (pseudopatas anales)</p>	

con uñas fuertes. Muchas especies presentan branquias abdominales. (González et al., 2018)

ORDEN: Díptera

CLASE: Insecta

FAMILIA:
Psychodidae

Larvas con cabeza fuertemente esclerotizada, los espiráculos posteriores se encuentran en el ápice de un sifón respiratorio y rodeado de lóbulos con setas. La mayoría de sus segmentos están transversalmente subdivididos, dando la apariencia de tener una doble segmentación. Normalmente los segmentos llevan dorsalmente unas placas cuyo grado de esclerotización puede ser variable. (González et al., 2018)



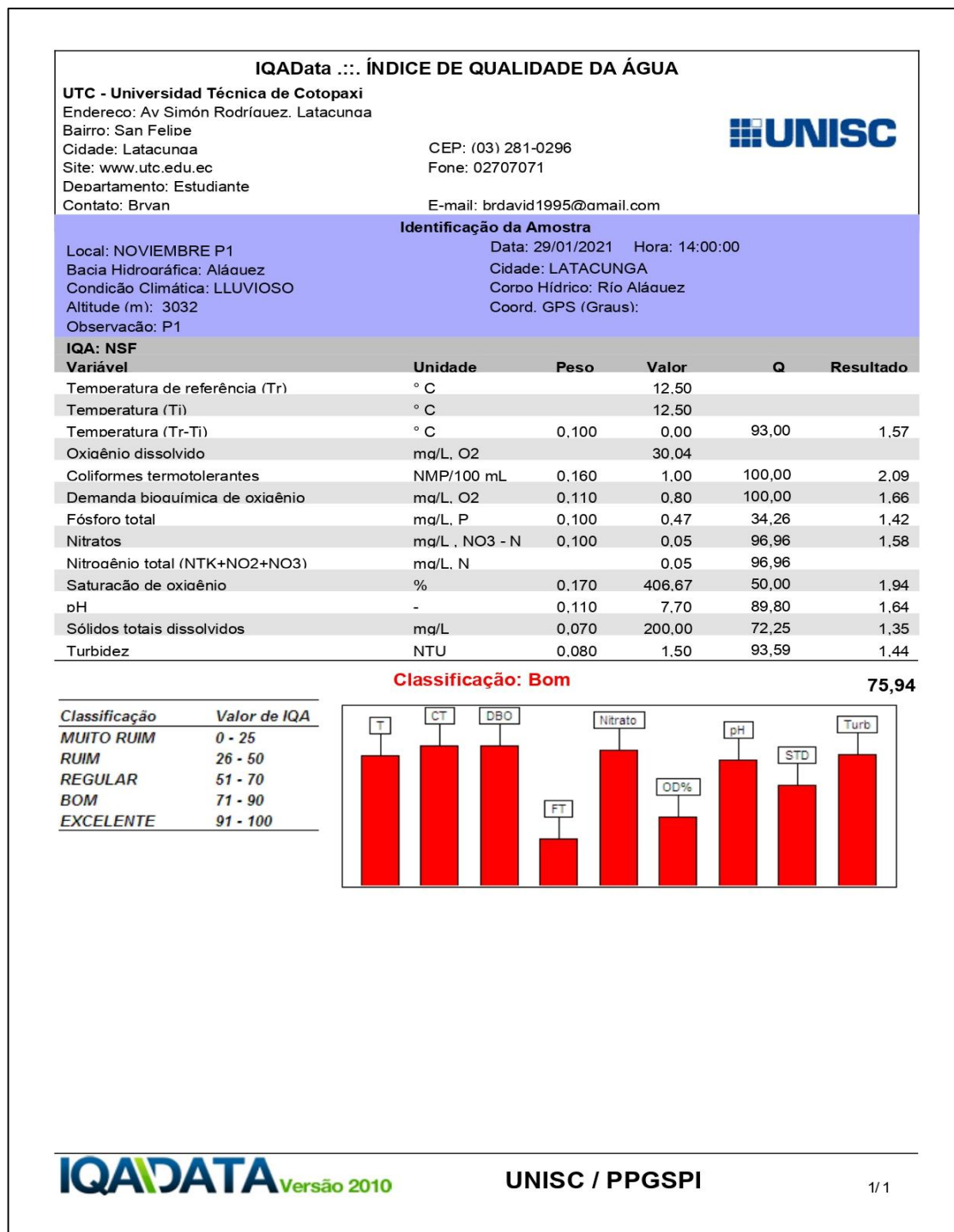
Nota: *Elaborado por Autores*

ANEXOS 3.

ÍNDICE ICA

Ilustración 5.

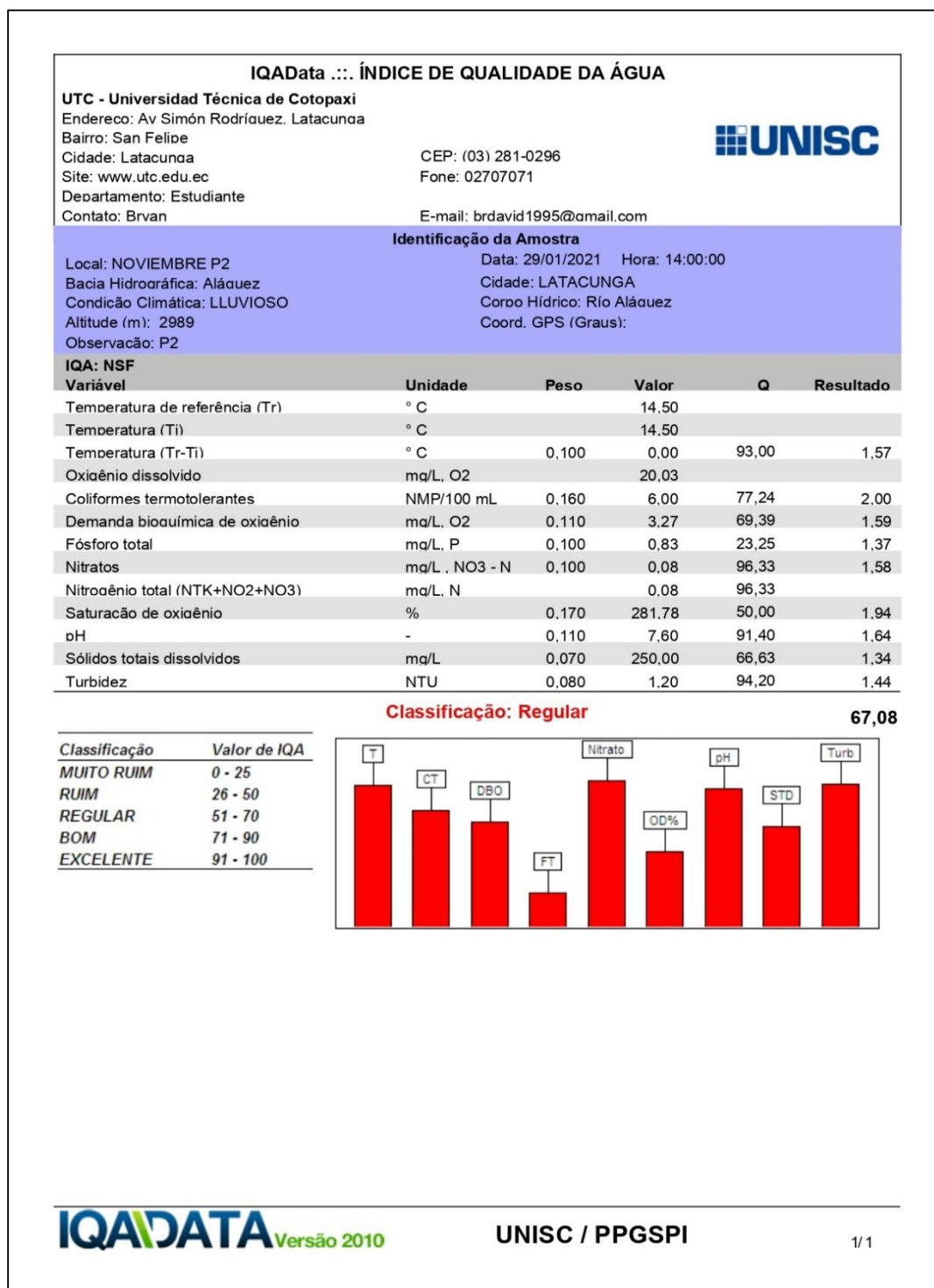
Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en el Parque Nacional Cotopaxi



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 6.

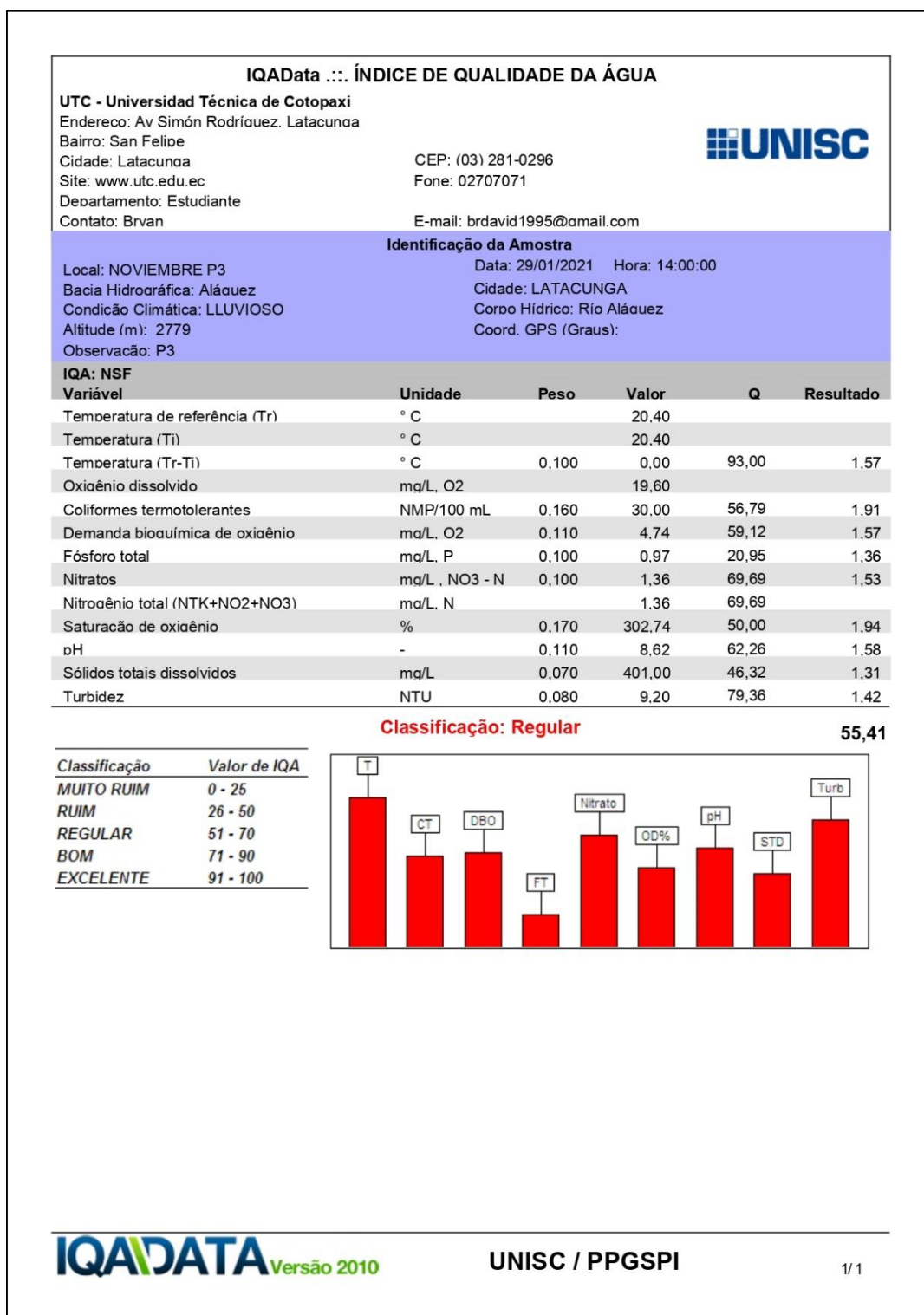
Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en la Quebrada Gallinazohuaicu



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 7.

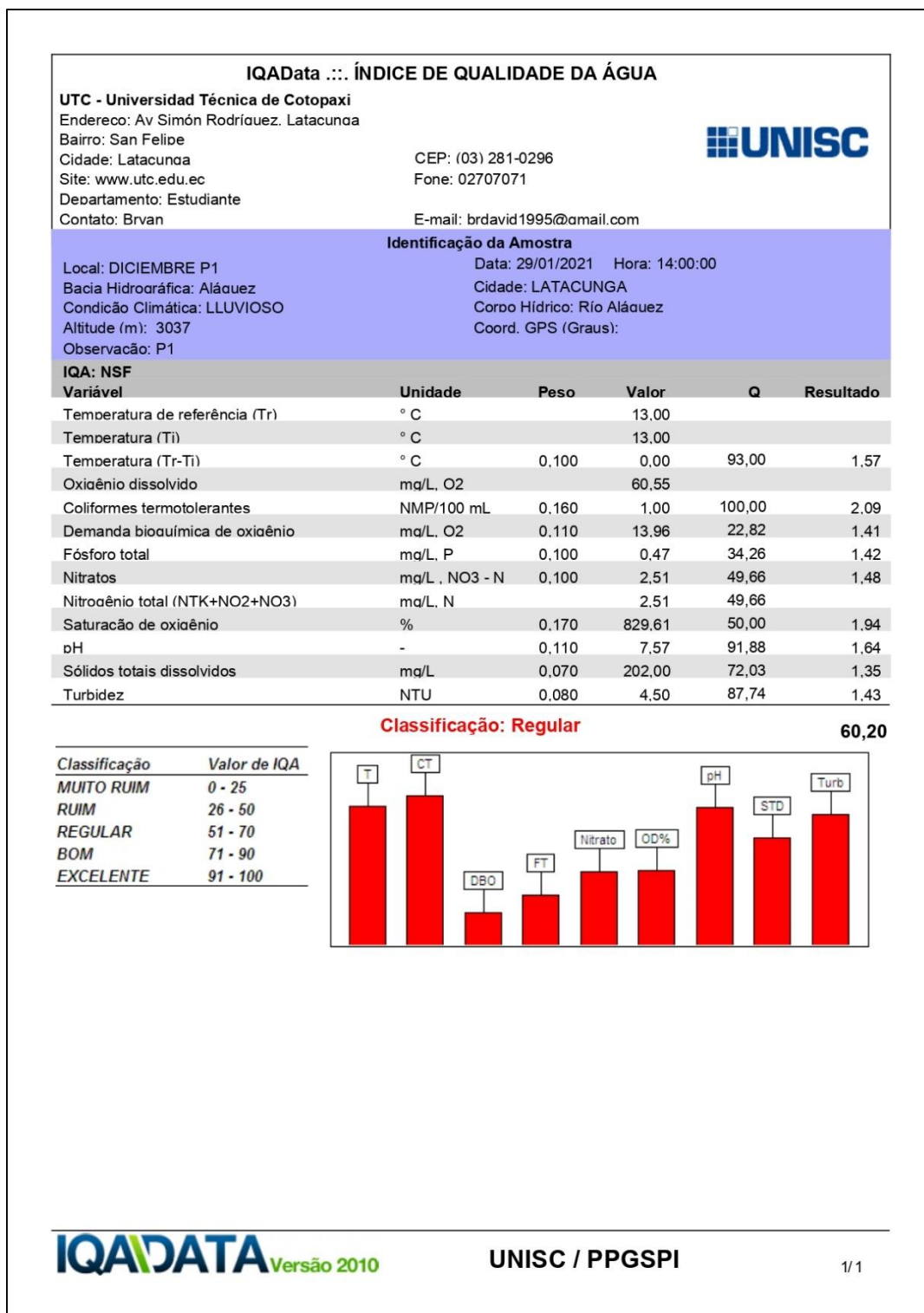
Resultados del Índice ICA en el mes de noviembre en La Matriz



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 8.

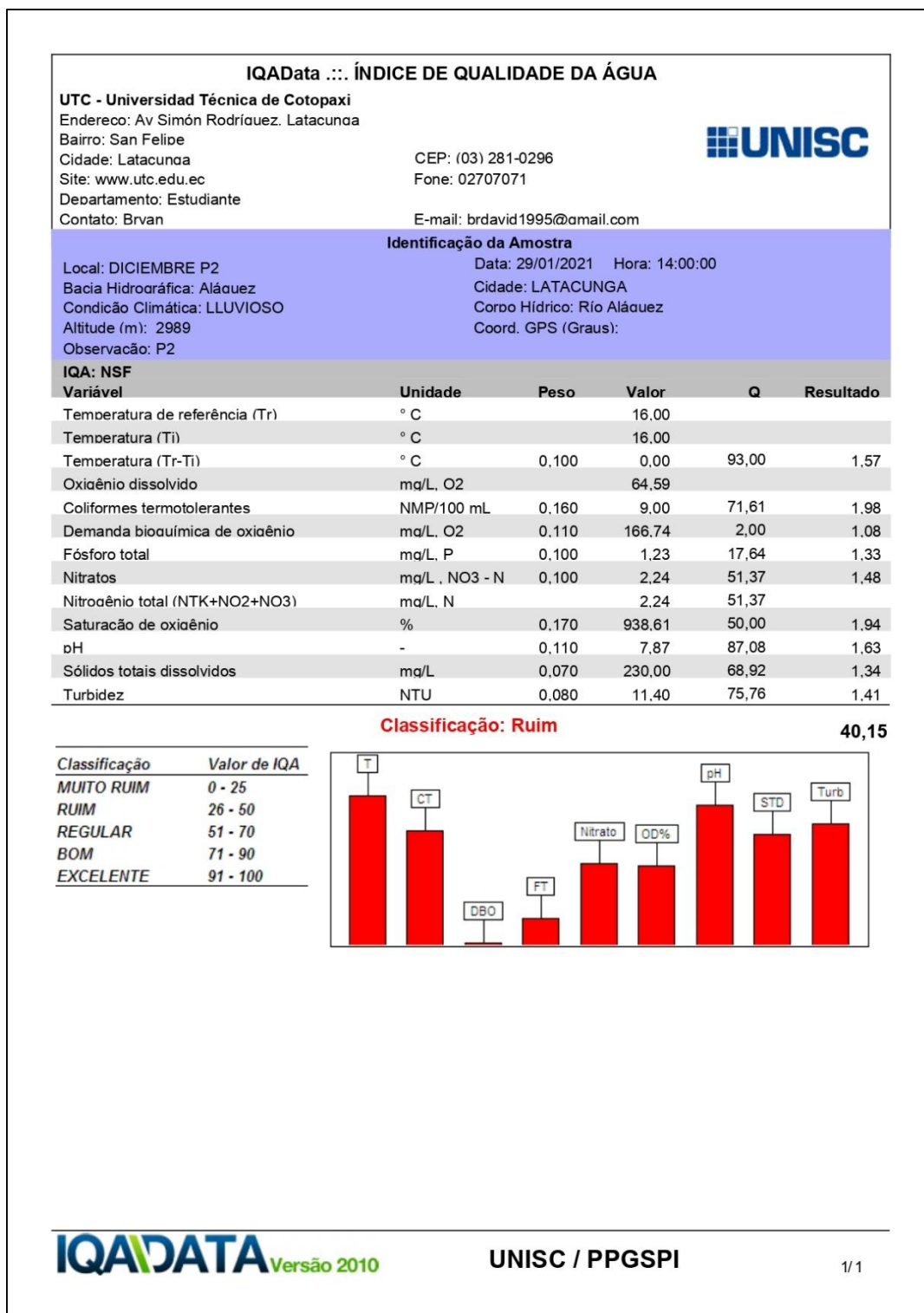
Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en el Parque Nacional Cotopaxi



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 9.

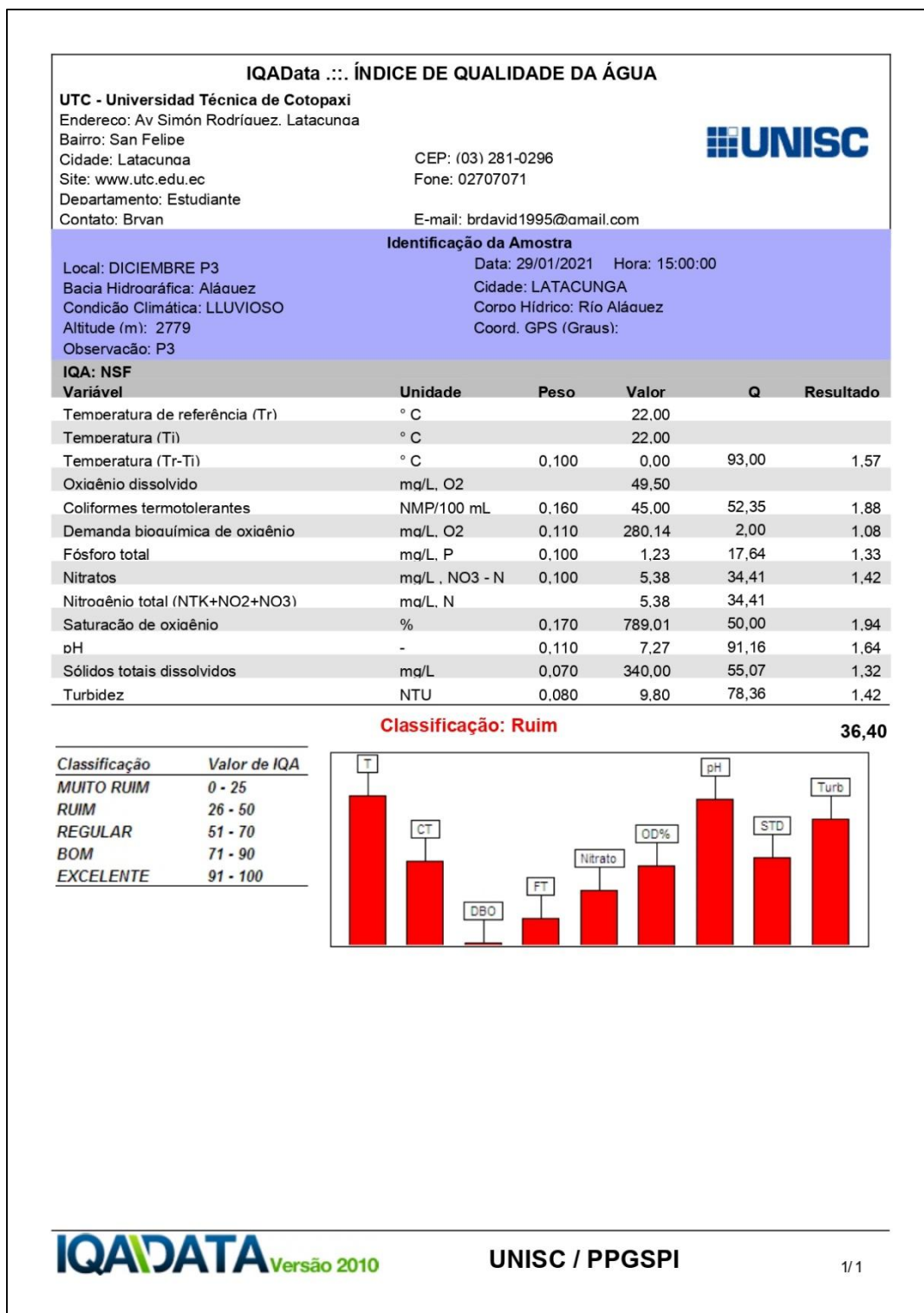
Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en la Quebrada Gallinazohuaicu



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 10.

Resultados del Índice ICA en el mes de diciembre en La Matriz



Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 11.

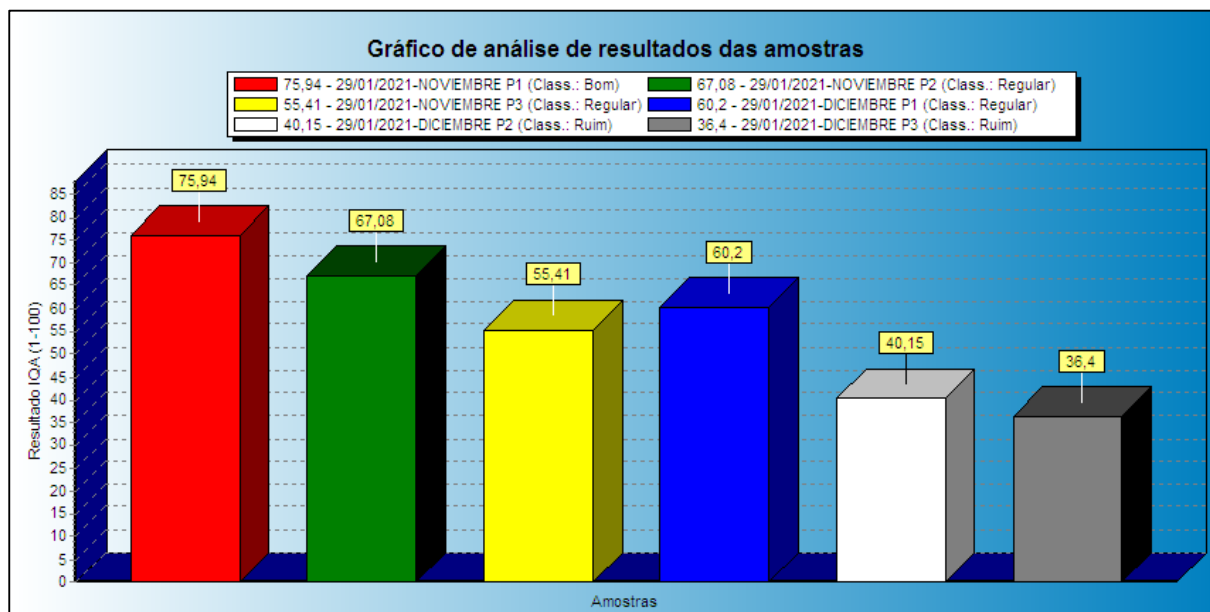
Resultados generales del Índice ICA de los meses de noviembre, diciembre y enero

IQADATA :: ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA			
UTC - Universidad Técnica de Cotopaxi			
Endereco: Av Simón Rodríguez. Latacunãa			
Bairro: San Felipe			
Cidade: Latacunãa		CEP: (03) 281-0296	
Site: www.utc.edu.ec		Fone: 02707071	
Departamento: Estudante			
Contato: Brvan		E-mail: brdavid1995@gmail.com	
Relação de Amostra de Água			
Local:	NOVIEMBRE P1	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	75,94
Altitude (m):	3032	Classificação:	Bom
Local:	NOVIEMBRE P2	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	67,08
Altitude (m):	2989	Classificação:	Regular
Local:	NOVIEMBRE P3	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	55,41
Altitude (m):	2779	Classificação:	Regular
Local:	DICIEMBRE P1	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	60,20
Altitude (m):	3037	Classificação:	Regular
Local:	DICIEMBRE P2	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	40,15
Altitude (m):	2989	Classificação:	Ruim
Local:	DICIEMBRE P3	Data:	29/01/2021
Corpo Hídrico:	Río Aláquez	Hora:	15:00:00
Bacia Hidrográfica:	Aláquez	IQA:	NSF
Cidade:	LATACUNGA	Resultado:	36,40
Altitude (m):	2779	Classificação:	Ruim

Nota: Datos calculados con IQADATA software

Ilustración 12.

Barras de resultados de los puntos de muestreo correspondiente a los meses de noviembre y diciembre



Nota: *Datos calculados con IQADATA software*

En la ilustración 12 describe las ponderaciones de cada punto de muestreo de los tres meses de estudio donde se pudo determinar en qué estado se encuentra la calidad del recurso hídrico.

ANEXO 4.

RESULTADOS DE ANALISIS DEL LABORATORIO

Ilustración 13.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Parque Nacional Cotopaxi correspondiente al mes de noviembre punto 1.



Laboratorio Nacional de Calidad de
Aguas y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-396

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	0,05 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	0,80 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	2 ^(a)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,465 ^(a)

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Ilustración 14.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Quebrada Gallinazohuaicu correspondiente al mes de noviembre punto 2.



Laboratorio Nacional de Calidad de
Aguas y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-397

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	0,08 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	3,27 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	7 ^(a)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,827 ^(a)

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Ilustración 15.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del sector La Matriz correspondiente al mes de noviembre punto 3.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-398

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	1,36
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	4,74 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	20
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,971 ^(a)

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Ilustración 16.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Parque Nacional Cotopaxi correspondiente al mes de diciembre punto 1.



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 566826/2020-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65758-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Punto 1			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,57	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO ₃ - E	PA - 48.00	mg/l	2,51	± 0,23 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	4,5	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	31,4	± 2,3 mg/l	40	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	13,96	± 0,79 mg/l	20	CUMPLE
OXÍGENO DISUELT	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	% de Saturación	⁽²⁾ 60,55	-	>80	NO CUMPLE
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	<1,23	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	23,0	± 1,2 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A(*)	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 76.00	mg/m ³	0,801	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	202,0	± 3,2 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Ilustración 17.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Quebrada Gallinazohuaicu correspondiente al mes de diciembre punto 2.



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 22 80 8877

PROTOCOLO: 566832/2020-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65758-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Punto 2			
POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,87	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	2,24	± 0,23 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	11,4	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	410,7	± 74,6 mg/l	40	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	166,74	± 16,34 mg/l	20	NO CUMPLE
OXÍGENO DISUELT	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	% de Saturación	⁽³⁾ 64,59	-	>80	NO CUMPLE
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	<1,23	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	23,0	± 1,2 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A[*]	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 76.00	mg/m ³	0	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	230,0	± 3,2 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Ilustración 18.

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del sector La Matriz correspondiente al mes de diciembre punto 3.



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 22 80 8877

PROTOCOLO: 566874/2020-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65758-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Punto 3			
POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,27	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	5,38	± 0,47 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	9,8	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	628,2	± 8,7 mg/l	40	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	280,14	± 30,77 mg/l	20	NO CUMPLE
OXÍGENO DISUELT	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	% de Saturación	⁽³⁾ 49,50	-	>80	NO CUMPLE
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	<1,23	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	23,0	± 1,2 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A[*]	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 76.00	mg/m ³	0,801	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	340,0	± 3,2 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

ANEXO 5.**REGISTRO FOTOGRAFICO****Ilustración 19. Medición del caudal****Ilustración 20. Recolección de Macroinvertebrados en el río Aláquez.**

Ilustración 21. *Identificación de los Macroinvertebrados en el laboratorio.*



ANEXO 6.**AVAL DE TRADUCCIÓN****AVAL DE TRADUCCIÓN CENTRO DE IDIOMAS**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la Srta. **CEDEÑO SANTOS ANGIE PIERINA** y el Sr. **ROMERO MORENO BRYAN DAVID**, Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ALÁQUEZ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2020 - 2021.”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Marzo del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marco Paúl Beltrán Semblantes', is written over a horizontal line.

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502666514

1803027935 Firmado digitalmente por
 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
 HUGO ROMERO GARCIA
 GARCIA
 1803027935
 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
 Fecha: 2021.03

 A circular digital signature stamp is overlaid on the text. The stamp contains the text 'UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI' around the perimeter and 'CENTRO DE IDIOMAS' at the bottom. In the center, there is a red and white emblem. A pinkish-red scribble is present over the stamp and the text below it.

ANEXO 7.**CURRICULUM VITAE DEL EQUIPO DE INVESTIGACION****DATOS PERSONALES**

NOMBRES: Angie Pierina Cedeño Santos
FECHA DE NACIMIENTO: 05 – Noviembre – 1996
CEDULA DE IDENTIDAD: 1726057548
LUGAR DE NACIMIENTO: Chone – Manabí
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
TELÉFONOS: 0999042692 - 022430928
CORREO ELECTRÓNICO: angie.cedeno1996@gmail.com

**ESTUDIOS REALIZADOS**

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	Escuela Fiscal Mixta “República De México” Escuela Católica “Manuel Tobar”
SECUNDARIA	Colegio Nacional “Camilo Ponce Enríquez”
TERCER NIVEL	Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Cotopaxi

TÍTULOS OBTENIDOS: Bachillerato General Unificado

CERTIFICADOS OBTENIDOS

Participed in the Fulbright English Teaching Assistants – First Encounter.

Primer Simposio Ecosistema Forestal y su Incidencia en el Cambio Climático.

Capacitación a los Sujetos de Control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorias en el Cantón Latacunga, enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático.

IV Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería Ambiental, Avances y Desafíos de la Conservación y la Sostenibilidad en el Ecuador”.

I Jornadas de Difusión Ambiental.

Taller de Derecho Público Ambiental.

.....
Angie Cedeño

CC. 1726057548

DATOS PERSONALES

NOMBRES: Bryan David Romero Moreno
FECHA DE NACIMIENTO: 19 – Agosto – 1995
CEDULA DE IDENTIDAD: 2300390453
LUGAR DE NACIMIENTO: Carmen – Manabí
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
TELÉFONOS: 0963666123
CORREO ELECTRÓNICO: brdavid1995@gmail.com

**ESTUDIOS REALIZADOS**

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	Unidad Educativa “Santa María de la Trinidad” Unidad Educativa “Fe y Alegría”
SECUNDARIA	Unidad Educativa “Fe y Alegría”
TERCER NIVEL	Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Cotopaxi

TÍTULOS OBTENIDOS: Bachillerato en Aplicaciones Informáticas

CERTIFICADOS OBTENIDOS

Participed in the Fulbright English Teaching Assistants – First Encounter.

Primer Simposio Ecosistema Forestal y su Incidencia en el Cambio Climático.

Capacitación a los Sujetos de Control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorias en el Cantón Latacunga, enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático.

IV Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería Ambiental, Avances y Desafíos de la Conservación y la Sostenibilidad en el Ecuador”.

I Jornadas de Difusión Ambiental.

Taller de Derecho Público Ambiental.

Fundamentos de Seguridad y Salud en el Trabajo.

.....
Bryan Romero
 CC. 2300390453

ANEXO 8.**CURRICULUM VITAE DEL TUTOR****1.- DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS
 NOMBRES: MANUEL PATRICIO
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582
 NUMEROS TELÉFONICOS: 032824577 – 0992050541

E-MAIL: patricio_clavijo2005@yahoo.com

manuel.clavijo@utc.edu.ec

**2.- ESTUDIOS REALIZADOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CODIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION ESPECIALIDAD BIOLOGIA Y QUIMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MÁSTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENSION PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	28 DE JUNIO DEL 2017	1036-2017-185915

3.- EXPERIENCIA LABORAL

- Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin- Galápagos. 1991.
- Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental.

- Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.
- Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental – UTC

4.- PONENCIAS

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil, con el tema: Estudio de las plantas introducidas en las islas pobladas de las Galápagos.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi por macroinvertebrados, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Blended Learning en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de Primero de Bachillerato de los colegios públicos del Cantón Latacunga, apoyando a la construcción colectiva de un aula virtual.
- Expositor en el III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo sostenible – Ecuador 2017, con el tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el III Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Integrados por un desarrollo sostenible”, con el tema: Análisis de los contaminantes por fuentes móviles en el Cantón Latacunga.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación del gen 18S como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epilíticas.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores en el río Calope, La Maná.

5.- SEMINARIOS DICTADOS

- Expositor en el Seminario de Diseño de Tesis – Cotopaxi - 2005
- Expositor en Curso Teórico – Práctico de Educación para la Salud - Tungurahua - Huambalo febrero 2009.
- Expositor en el Tercer Foro Ambiental sobre la Influencia de Virus AH1N1 y su relación con el Medio Ambiente – U.T.C. – Latacunga junio 2009.
- Expositor en el Seminario de “Diseño de Tesis”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cotopaxi. - UTC. Latacunga septiembre 2005.
- Facilitador en el Taller sobre el Nuevo Bachillerato Unificado Ecuatoriano, Universidad Nacional de Loja. Loja 2011.

6.- PROYECTOS REALIZADOS

- Estudio de Plantas Introducidas en el Sector Urbano de la Provincia de las Galápagos. Galápagos junio – diciembre 1991.
- Relación de la Universidad con el Sector Productivo en la Provincia de Cotopaxi. Latacunga Julio 1999.
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Director y Asesor de Tesis de la U. A. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado, con los temas:
 - Elaboración de Cerveza a partir de Maíz (*Zea mays*), Mote (*Zea mays* var.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*) por medio de Métodos Tradicionales del Ecuador.

- Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
- Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
- Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
- Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
- Diseño de una Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
- Elaboración de sopa instantánea de arroz de cebada con tres tipos de saborizantes como alternativa de alimentación. 2013.
- Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
- Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
- Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
- Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujilí. 2015.
- Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
- Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
- Estudio biótico en el Rio Ambi, 2016
- Determinación de la calidad del agua a partir de macro y macroinvertebrados de la Laguna Anteojos del Parque Nacional Llanganates 2017.
- Manejo integrado del Relleno Sanitario de la Mancomunidad Pujilí – Saquisilí.
- Actividades de EXTENSION UNIVERSITARIA periodos 2009 – 2010.
- Identificación de diatomeas epilíticas como bioindicadores en el río Cutuchi, Cotopaxi, Ecuador.

7.- ARTICULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica De Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI. Noviembre 2018
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI. Noviembre 2018
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O2, CO2, CO, NOX Y SO2 EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI noviembre 2018.