



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 DE AGUA POR MEDIO DE
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ILLUCHI,
CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020-2021”**

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

Autoras:

Chicaiza Sarzosa Diana Carolina

Gallo Lema Jeaneth Nataly

Tutor:

Clavijo Cevallos Patricio M.Sc.

Latacunga – Ecuador

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Diana Carolina Chicaiza Sarzosa, con cédula de ciudadanía No. 0550245013; y, **Jeaneth Nataly Gallo Lema**, con cédula de ciudadanía No. 0503844326; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 2020-2021”**, siendo el Ingeniero M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 05 de marzo del 2021

Diana Carolina Chicaiza Sarzosa
Estudiante
0550245013

Jeaneth Nataly Gallo Lema
Estudiante
CC: 0503844326

Ing. M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
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 **CHICAIZA SARZOSA DIANA CAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550245013** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, 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 medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 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: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 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 o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de marzo del 2021.

Diana Carolina Chicaiza Sarzosa
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
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 **GALLO LEMA JEANETH NATALY**, identificada con cédula de ciudadanía **0503844326** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, 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 medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 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: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 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 o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de marzo del 2021.

Jeaneth Nataly Gallo Lema
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021” de Chicaiza Sarzosa Diana Carolina y Gallo Lema Jeaneth Nataly, 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

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
DOCENTE TUTOR
CC: 050144458-2

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: Chicaiza Sarzosa Diana Carolina y Gallo Lema Jeaneth Nataly, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 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 los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de marzo del 2021

Lector 1 (Presidente/a)

Ing. Mg. José Agreda Oña

CC: 0401332101

Lector 2

Ing. Mg. Oscar Daza Guerra

CC: 0400689790

Lector 3

Ing. Mg. Jaime Lema Pillalaza

CC: 1713759932

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarnos fortaleza, a nuestros padres, familia y amigos por sus palabras de aliento y motivación para la culminación de este trabajo de investigación.

A nuestros queridos docentes, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirnos sus conocimientos en el transcurso de nuestra formación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi a la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos naturales, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente por abrirnos las puertas para formarnos como grandes profesionales.

A nuestro director M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos, a quien hacemos llegar nuestro más sincero agradecimiento, por haber brindado su tiempo para guiarnos y orientarnos para el desarrollo del presente trabajo.

Diana Carolina

Jeaneth Nataly

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación se lo dedico principalmente a mi Dios, quién supo guiarme por el camino del bien, por ser el inspirador y darme las fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Laura y Miguel, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Me siento orgullosa de Uds., porque me han inculcado valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos, son los mejores padres.

A mis hermanos David, Estefanía y Luis, por estar siempre presentes, acompañándome, guiándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida. A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir buenos y malos momentos.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Diana Carolina

DEDICATORIA

A Dios por brindarme sabiduría y guiarme en cada uno de los pasos para cumplir una de las metas anheladas. A mis padres Adolfo y Natividad, por estar siempre conmigo apoyándome incondicionalmente en cada decisión tomada para la construcción de mi vida profesional. Gracias por su infinito amor y consejos para ser una persona de bien, muchos de los logros, incluido este se los debo infinitamente a Uds.

A mis hermanos, familia y amigo/as quienes me motivaron y apoyaron de una u otra manera, durante esta etapa de mi Carrera.

Jeaneth Nataly

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020 - 2021”.

AUTORAS:
Chicaiza Sarzosa Diana Carolina
Gallo Lema Jeaneth Nataly

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se llevó a cabo en el río Illuchi, provincia de Cotopaxi, a fin de evaluar la calidad de agua mediante la presencia de bioindicadores (macroinvertebrados) y su relación con el análisis físico, químico y microbiológico para determinar el índice de calidad de agua (ICA NSF), para ello se establecieron tres puntos de estudio correspondientes a la Laguna de Salayambo (P1), Hacienda Noelanda (P2) y Barrio Saragosín (P3). Durante tres meses consecutivos (noviembre, diciembre y enero) se realizó el muestreo recolectando un total de 1266 especímenes agrupados en 22 Familias, 11 Órdenes y 7 Clases. Se puede deducir que los individuos más comunes y abundantes presentados en los puntos de estudio corresponden a las Familias Hyalellidae, Planariidae, Lumbricidae, Physidae, Leptoceridae e Hydrobiosidae y las Familias que se encontraron en menor abundancia son Blephariceridae, Leptophlebiidae y Oligoneuriidae. Se calculó los índices de calidad de agua utilizando metodologías basadas en índices biológicos como “Biological Monitoring Working Party” (BMWP), Andean Biological Party (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), y Shannon-Weaver para la diversidad de especies. De acuerdo al índice BMWP/col presentó que el estado del agua va de Dudosa (aguas moderadamente contaminadas) a Muy Crítica (aguas muy contaminadas), según el índice ABI y EPT la calidad de agua es Regular_Mala, con una diversidad media de bentos en los 3 puntos de estudio de acuerdo al índice Shannon-Weaver. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los 9 parámetros del ICA (NSF) en comparación con el TULSMA, Anexo I, Libro VI, Tabla 3 de Criterio de calidad de aguas para riego agrícola muestra que los parámetros de oxígeno disuelto y coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permisibles, esto debido a la presencia de actividades antrópicas que son desarrolladas cerca de las riberas del río Illuchi, afectando significativamente en el comportamiento y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos.

Palabras clave: *calidad de agua, contaminación, diversidad, índices biológicos, macroinvertebrados.*

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “DETERMINATION OF WATER QUALITY BY MEANS OF BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE ILLUCHI RIVER, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE, DURING 2020-2021”.

AUTHORS:
Chicaiza Sarzosa Diana Carolina
Gallo Lema Jeaneth Nataly

ABSTRACT

This present research work was carried out on the Illuchi River, Cotopaxi province, in order to assess water quality through the presence of bioindicators (macroinvertebrates) and their relationship to physical, chemical and microbiological analysis to determine the water quality index (ICA NSF), for this purpose three study points corresponding to the Salayambo Lagoon (P1), Hacienda Noelanda (P2) and Saragosín neighborhood (P3). For three consecutive months (November, December and January) sampling was carried out collecting a total of 1266 specimens grouped into 22 Families, 11 Orders and 7 Classes. It can be deduced that the most common and abundant individuals presented at the study points correspond to the Hyalellidae, Planariidae, Lumbricidae, Physidae, Leptoceridae and Hydrobiosidae families and the Families found in less abundance are Blephariceridae, Leptophlebiidae and Oligoneuriidae. Water quality indices were calculated using biological index-based methodologies such as "Biological Monitoring Working Party" (BMWP), Andean Biological Party (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), and Shannon-Weaver for species diversity. According to the BMWP/col index it presented that the water status ranges from Doubtful (moderately contaminated waters) to Highly Critical (highly polluted waters), according to the ABI and EPT index the water quality is Regular-Mala, with an average biodiversity of macroinvertebrates at the 3 points of study according to the Shannon-Weaver index. The results obtained through the application of the 9 parameters of the ICA (NSF) compared to TULSMA, Annex I, Book VI, Table 3 of Water Quality Criterion for Agricultural Irrigation shows that the parameters of dissolved oxygen and fecal coliforms exceed the permissible maximum limits, this due to the presence of anthropic activities that are developed near the banks of the Illuchi River, which significantly affects the behavior and diversity of aquatic macroinvertebrates.

Keywords: *water quality, pollution, diversity, biological indices, macroinvertebrates.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 INTRODUCCIÓN.....	3
3 JUSTIFICACIÓN.....	4
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6 OBJETIVOS	7
6.1 General	7
6.2 Específicos.....	7
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	9
8.1 El agua.....	9
8.1.1 Calidad del agua.....	9
8.1.2 Contaminación del agua.....	10
8.1.3 Fuentes de contaminación del agua	10
8.1.3.1 Fuentes industriales	11

8.1.3.2	Fuentes domésticas	11
8.1.3.3	Fuentes agrícolas	11
8.1.4	Principales contaminantes del agua	12
8.2	Bioindicadores de la calidad del agua.....	13
8.2.1	Bioindicadores	13
8.2.2	Macroinvertebrados acuáticos	14
8.3	Índices de calidad de agua	15
8.3.1	Índices biológicos.....	15
8.3.2	Índice BMWP(Biological Monitoring Working Party)	15
8.3.3	Índice ABI (Andean Biotic Index).....	17
8.3.4	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	19
8.3.5	Índice de diversidad de SHANNON-WEAVER.....	20
8.4	Índices de calidad de agua físico-químico.....	20
8.4.1	Índice de calidad de agua ICA.....	20
8.4.2	Índice NSF.....	21
8.5	Parámetros de la calidad de agua (ICA-NSF).....	21
8.5.1	Parámetros Físicos.....	21
8.5.1.1	Temperatura (°C).....	22
8.5.1.2	Turbidez.....	22
8.5.2	Parámetros Químicos.....	22
8.5.2.1	Potencial de Hidrógeno	22
8.5.2.2	Oxígeno Disuelto (OD).....	23
8.5.2.3	Demanda Química de Oxígeno.....	23
8.5.2.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	23
8.5.2.5	Nitratos	23
8.5.2.6	Fosfatos.....	24
8.5.2.7	Sólidos Totales Disueltos	24

8.5.3	Parámetros Microbiológicos.....	24
8.5.3.1	Coliformes totales.....	24
8.5.3.2	Coliformes fecales	24
9	MARCO LEGAL	25
9.1	Constitución de la República del Ecuador.....	25
9.2	Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).....	29
10	PREGUNTAS CIENTÍFICAS	31
11	DISEÑO METODOLÓGICO	31
11.1	Protocolo de recaudación de muestras de agua	31
11.1.1	Manejo y conservación de la muestra	31
11.1.2	Llenado de recipientes	32
11.1.3	Refrigeración y congelación de las muestras.....	32
11.1.4	Transporte de las muestras	32
11.1.5	Rotulado	33
11.2	Tipos de Investigación	33
11.2.1	Investigación Descriptiva.....	33
11.2.2	Investigación de Campo.....	34
11.2.3	Investigación Explicativa.....	34
11.2.4	Investigación Bibliográfica	34
11.3	Métodos.....	34
11.3.1	Método cualitativo.....	34
11.3.2	Método cuantitativo.....	35
11.3.3	Método inductivo	35
11.4	Técnicas	36
11.4.1	Observación	36
11.4.2	Bibliográfica	36
11.5	Instrumentos	36

11.5.1	Libreta de campo	36
11.5.2	Ficha de registro	36
11.5.3	Cámara fotográfica	37
11.5.4	GPS	37
12	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	37
12.1	Ubicación	37
12.2	Descripción del sitio de estudio	38
12.2.1	Oferta Hídrica	38
12.2.2	Riego	38
12.2.3	Flora	39
12.2.4	Fauna	40
12.2.5	Clima	41
12.3	Fase de campo	41
12.3.1	Técnicas de muestreo en aguas poco profundas	42
12.3.1.1	Materiales	42
12.3.1.2	Procedimiento	43
12.3.2	Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis físico-químico y microbiológico	43
12.3.2.1	Materiales	43
12.3.2.2	Procedimiento	44
13	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
14	DISCUSIÓN	56
15	IMPACTOS	58
15.1	Impactos sociales	58
15.2	Impactos técnicos.....	59
15.3	Impactos ambientales	59
15.4	Impacto económico	59

16	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	60
17	CONCLUSIONES.....	61
18	RECOMENDACIONES.....	62
19	BIBLIOGRAFÍA.....	64
20	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de personas beneficiadas del proyecto.....	5
Tabla 2.	Matriz de actividades por objetivos.....	8
Tabla 3.	Puntaje asignado a cada Familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP/col.....	16
Tabla 4.	Valores designados por medio del método BMWP/col.....	17
Tabla 5.	Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI ..	17
Tabla 6.	Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	19
Tabla 7.	Valoración de la calidad del agua según el índice EPT.....	19
Tabla 8.	Calificación del "ICA".....	21
Tabla 9.	Límites máximos permisibles para uso agrícola o riego.....	30
Tabla 10.	Especies vegetales nativas de la zona.....	39
Tabla 11.	Mamíferos identificados en la zona.....	40
Tabla 12.	Aves identificadas en la zona.....	40
Tabla 13.	Clima.....	41
Tabla 14.	Coordenadas Geográficas del río Illuchi.....	42
Tabla 15.	Resultados de la calidad de agua del río Illuchi correspondiente al mes de noviembre.....	44
Tabla 16.	Resultados de la calidad de agua del río Illuchi del mes de diciembre.....	46
Tabla 17.	Resultados de la calidad de agua del río Illuchi correspondiente al mes de enero.....	47
Tabla 18.	Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológico.....	50
Tabla 19.	Resultados del índice ICA NSF.....	51
Tabla 20.	Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero.....	53

Tabla 21. Valores de Caudal en los 3 puntos de muestreo del río Illuchi	55
--	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa del río Illuchi	37
Ilustración 2. Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre	44
Ilustración 3. Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre	46
Ilustración 4. Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de enero	48
Ilustración 5. Caudal correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero en el río Illuchi	56
Ilustración 6. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Laguna de Salayambo del mes de noviembre.....	84
Ilustración 7. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Hacienda Noelanda del mes de noviembre	84
Ilustración 8. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos del Barrio Saragosín en el mes de noviembre	85
Ilustración 9. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Laguna de Salayambo en el mes de diciembre	85
Ilustración 10. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Hacienda Noelanda en el mes de diciembre	86
Ilustración 11. Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos del Barrio Saragosín en el mes de diciembre	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Aval de Traducción	69
Anexo B. Ficha de campo de los meses de noviembre, diciembre y enero	70
Anexo C. Descripción de Bioindicadores	79
Anexo D. Resultados del Laboratorio	84
Anexo E. Registro Fotográfico	87
Anexo F. Curriculum Vitae del Tutor del Proyecto	90
Anexo G. Curriculum Vitae del Equipo Investigador	95

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Determinación de la calidad de agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020-2021.

Fecha de inicio:

25 de mayo del 2020

Fecha de finalización:

Marzo del 2021

Lugar de ejecución:

- **Barrio:** Comunidad Illuchi
- **Parroquia:**
- **Cantón:** Latacunga
- **Provincia:** Cotopaxi
- **Zona:** 3
- **Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado:

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

Equipo de Trabajo:

Equipo investigador.

- Chicaiza Sarzosa Diana Carolina
- Gallo Lema Janeth Nataly

Tutor de Titulación:

- M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

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 INTRODUCCIÓN

Las fuentes hídricas (océanos, lagos, ríos y aguas subterráneas), a nivel mundial y en nuestro país están contaminados ya sea de forma natural y antrópica. El río Illuchi el cual atraviesa la ciudad de Latacunga mostró diversos contaminantes que originan grave daño a los diferentes recursos naturales. Los factores contaminantes del agua que se pudieron evidenciar son las actividades florícolas, ganaderas y asentamientos humanos, cuya calidad del agua es totalmente inadecuada para todos los usos. El presente proyecto detalla la información necesaria para conocer la calidad de este recurso, el cual es afectado de manera directa por las adversas actividades humanas, provocando pérdida de la biodiversidad y disminución de la calidad ambiental. Por el cual se aplicó el uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua del río Illuchi, los cuales son empleadas por sus propiedades, requerimientos especiales, adaptaciones a ciertas condiciones ambientales y la simplicidad de muestreo y bajos costos económicos, que los convierten en organismos con límites de tolerancia específicos a las diferentes alteraciones de hábitats. Además, el uso de estos macroinvertebrados tuvo interés particular, los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los tres puntos (alto, medio y bajo) del río Illuchi durante el período noviembre 2020 a enero 2021. Los resultados obtenidos, permitieron determinar la calidad actual de estos cuerpos de agua, para que así la población pueda tomar decisiones en la gestión de esta cuenca hidrográfica.

3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación del agua del río Illuchi está dada por los vertidos de la población que se encuentran permanentes a las orillas del mismo y por las descargas de contaminantes provenientes de actividades florícolas y el avance de la frontera agrícola, que han sido parte del problema socio ambiental con relación al crecimiento de la contaminación del recurso hídrico, generando así desequilibrio ecológico e hidrológico.

Con respecto al río Illuchi, cabe recalcar que la disponibilidad de agua para la parroquia Belisario Quevedo, depende del estado de conservación de páramos y lagunas que concurre en el lugar, lo que involucra un manejo apropiado de los ecosistemas de páramo, la obtención del agua no es exclusivamente para la parroquia sino para otras parroquias urbanas del cantón como Juan Montalvo e Ignacio Flores y en su conjunto para la ciudad de Latacunga.

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y así también aumentan los niveles de impactos negativos a la cuenca hidrográfica, en la cual el beneficio del recurso no sea de forma sustentable.

En el presente trabajo se empleó el uso de bioindicadores (macroinvertebrados) la cual representó una herramienta útil para determinar la calidad del agua, identificando las especies presentes en las muestras. Esta técnica es idónea para conocer el estado de los recursos hídricos, debido a las ventajas que muestran, entre las que se pueden mencionar: “costos inferiores, técnicas de muestreo muy estandarizadas, no requieren equipos costosos, además de reflejar afectaciones a escala de tiempo más prolongada, siendo esta metodología efectiva para el seguimiento continuo de la calidad del agua de las cuencas hidrográficas” (Figueroa, 2003).

Con la ejecución de este estudio los beneficiarios no solamente serán los moradores de la parroquia de Belisario Quevedo sino también parte de la ciudad de Latacunga, puesto que al mejorar la calidad del agua se logra optimizar las condiciones de vida de la población.

Como carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi, está enfocada a solucionar problemas vinculados con la calidad ambiental

a causa de los impactos ambientales propios del desarrollo, que afectan la calidad de vida de las poblaciones, tanto en el área urbana como rural. Es importante mencionar la necesidad de desarrollar procesos de vinculación de la universidad con el sector social, en donde los nuevos profesionales sean ciudadanos y personas comprometidas con el desarrollo del país, los cuales orientan sus conocimientos y capacidades a través de proyectos e iniciativas que impulsen y refuercen mecanismos de vinculación al servicio de la sociedad, para de esta manera resolver problemas sociales, económicos y ambientales sumando esfuerzos en conjunto.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Número de personas beneficiadas del proyecto

N° de habitantes Belisario Quevedo	DIRECTOS		N° de habitantes Cantón Latacunga	INDIRECTOS	
	Masculino	Femenino		Masculino	Femenino
6359	2.991	3.368	170.489	82.301	88.188

Nota. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015)

5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación del recurso hídrico es conocida desde la antigüedad, llegando a ser un problema a escala local, regional y mundial, en la actualidad nos enfrentamos a una crisis de contaminación del recurso hídrico siendo producto del desarrollo de varias actividades de origen antropogénico como la agricultura, ganadería, desechos industriales, deforestación, descargas humanas, etc., que afectan drásticamente la calidad y cantidad del agua, además de generar efectos dañinos sobre la salud y el medio ambiente (Rueda, Arboleda, & Perez, 2017).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura:

La mala calidad del agua afecta directamente a las personas que dependen de estas fuentes como su principal suministro, limitando aún más su acceso al agua (es decir, la disponibilidad de agua) y aumentando los riesgos para la salud relacionados con el agua (sin mencionar su calidad de vida en general) (WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, 2019).

En el Ecuador las diversas actividades antropogénicas que hacen uso directamente del recurso hídrico generan alteraciones en el ciclo hidrológico afectando la calidad del agua. Durante los últimos años la calidad de este recurso se ve alterada principalmente por el uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura, vertimiento de aguas residuales, disposición final inadecuada de desechos peligrosos, metales pesados entre otros, mismos que son descargados de manera directa en las fuentes de agua más importantes como los ríos, lagos, mares y océanos.

En la provincia de Cotopaxi, se encuentra el río Illuchi a una altitud de 2,826 metros sobre el nivel del mar, conformando parte de la microcuenca del río Cutuchi, y demarcación del Pastaza. El río Illuchi es una de las principales fuentes abastecedoras de agua para la parroquia de Belisario Quevedo y una gran parte de la población latacungueña, en la actualidad presenta una oferta hídrica cada vez menor debido a la contaminación ambiental lo cual ha generado cambios en su entorno natural, paisajístico y principalmente en el recurso agua, mismo que ha sido afectado como producto de un sin número de actividades antrópicas tales como el avance de la frontera agrícola en las cabeceras del río, la transformación de las áreas de páramos a cultivos y pastizales, el pastoreo de ganado, crecimiento poblacional, asentamientos humanos y descargas de aguas residuales etc.

Otro de los principales problemas de contaminación es la basura y agroquímicos que usan para los cultivos ya que son arrojados directamente en las acequias, quebradas y canales de agua. Por esta razón es necesario realizar la búsqueda de técnicas idóneas que ayuden a valorar la calidad de agua, para ello el muestreo de macroinvertebrados acuáticos y el análisis de los parámetros físico-

químico y microbiológico son las principales alternativas que permiten determinar el estado en el que se encuentra el río Illuchi.

Estudios realizados anteriormente sobre la calidad de agua, indican que el recurso hídrico mencionado presenta una situación bastante crítica, debido a que se observó en todo su trayecto gran parte de contaminación ambiental como resultado de las actividades antropogénicas. Además, los resultados obtenidos del estudio en base al análisis de los parámetros físico, químico y microbiológico ejecutado en el año 2016, expone que los parámetros Boro y Potencial Hidrógeno cumplen con los parámetros establecidos y los sólidos disueltos totales, organoclorados, coliformes totales no aplica la normativa, mientras que los huevos de helmitos no cumplen con los LMP como lo establecen en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 3 (Castellanos, 2016).

6 OBJETIVOS

6.1 General

- Determinar la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) aplicando los índices EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON –WEAVER en el río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

6.2 Específicos

- Georreferenciar el sitio de estudio y los puntos de muestreo en el río Illuchi.
- Determinar la calidad de agua del río Illuchi, mediante el análisis de macroinvertebrados y aplicación de los índices EPT, BMWP/Col, ABI y Shannon – Weaver.
- Evaluar la calidad de agua mediante la comparación de los índices biológicos, parámetros físicos, químicos y biológicos con la normativa ambiental vigente.

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

Tabla 2.

Matriz de actividades por objetivos

OBJETIVOS	TAREAS	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN
Georreferenciar el sitio de estudio y los puntos de muestreo en el río Illuchi.	-Realización de visita in situ al área de estudio. -Elegir los puntos (inicio, medio y fin) de estudio de acuerdo a la situación actual que presenta el área.	-Puntos de estudio Geo referenciados de la zona de investigación.	-Georreferenciación de los sitios de estudio con el apoyo de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS. En la cual la utilización de estas herramientas permitió obtener las coordenadas geográficas y elaboración del mapa de la zona.
Determinar la calidad de agua del río Illuchi, mediante el análisis de macroinvertebrados y aplicación de los índices E.P.T, BMWP/Col, ABI y Shannon – Weaver.	-Reconocimiento y clasificación de los bioindicadores en el laboratorio con el apoyo de una guía taxonómica.	-Cantidad de bioindicadores (macroinvertebrados) hallados en los puntos de estudio.	- Tomar las muestras de agua en los puntos de estudio como trabajo en campo, donde se recolectó la mayor cantidad posible de bioindicadores que posteriormente se identificó en el laboratorio y se clasificó según su taxonomía (orden, género y familia).
Evaluar la calidad de agua mediante la comparación de los índices biológicos y parámetros físicos, químicos y biológicos con	-Cálculo de los índices biológicos de (BMWP Y EPT). -Realización de muestreo y análisis de los índices de calidad de agua	Obtención de los resultados de calidad de agua de los índices biológicos (BMWP Y EPT). - Obtención de los resultados de los	Recolecta e identificación de los macroinvertebrados usando la clave taxonómica para el cálculo de los índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

la normativa ambiental vigente.	físico-químico y microbiológico. - Cálculo del índice ICA y NSF. -Realización de la comparación entre los resultados físico-químicos y biológicos con los límites máximos permisibles del TULSMA, ANEXO I, LIBRO VI; Tabla 3. Límites máximos permisibles para uso agrícola o de riego.	índices de calidad de agua físico-químico y microbiológico de acuerdo al ICA Y NSF.	
---------------------------------	---	---	--

Elaborado por: Equipo investigador

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1 El agua

El agua es un recurso natural esencial, como un sustento para de la vida y la salud, por lo que el agua debe ser considerada como uno de los derechos humanos básicos.

El agua constituye el mineral más abundante del suelo y subsuelo terrestre. Solo una mínima parte de esa agua es potable. Para ser potable debe estar libre de sustancias o cuerpos extraños de origen químico, biológico, orgánico e inorgánico o radiactivo en cantidades tales que la hacen peligrosa para la salud (Arroba & Monserrath, 2013).

8.1.1 Calidad del agua

La calidad del agua corresponde a las características físicas, químicas y

biológicas de las aguas superficiales y subterráneas, características que tendrán un impacto en las comunidades humanas, así como en la vida animal y vegetal cuando se vean afectadas.

Según (Chang, 2015) “Se refiere a la calidad contenida en el agua, que cumple con estándares de calidad para diversos usos. Incluye todos los factores que afectan el uso efectivo del agua.”

8.1.2 Contaminación del agua

“El ser humano es el principal causante de la contaminación del agua”. Todo esto se da debido al aumento de temperatura, el vertido de residuos industriales puede verse afectado de muchas formas. El aumento de temperatura provocará cambios en el agua al reducir el oxígeno en su composición (Fernández, 2012).

8.1.3 Fuentes de contaminación del agua

Según (Fuentes de la Contaminación del Agua, 2016), existen dos fuentes de contaminación del agua que se pueden dividir en las siguientes:

Fuente de contaminación puntual: Es el resultado de contaminantes que ingresan a un canal o al agua de un lugar. Estos incluyen aguas residuales sin tratar, aguas residuales de plantas de tratamiento de aguas residuales y fugas de tanques de almacenamiento subterráneos (Fuentes de la Contaminación del Agua, 2016)

Fuente de contaminación difusa: Se refiere a la contaminación que no proviene de una sola fuente de contaminación. Por el contrario, esto sucede cuando se acumula una pequeña cantidad de contaminantes de un área más grande. Ejemplos de esto incluyen la escorrentía de fertilizantes de muchas granjas que fluyen a través de aguas subterráneas o arroyos (Fuentes de la Contaminación del Agua, 2016)

8.1.3.1 Fuentes industriales

Las fuentes industriales se generan en muchas aguas residuales industriales a causa de vertientes que se dan en las vías fluviales abiertas sin tratamiento, dando como consecuencia la reducción de la calidad de una gran cantidad de agua. Según la (UNESCO, 2017), “En comparación con la producción de aguas residuales, el impacto de la descarga de aguas residuales y su potencial contaminación sobre los recursos hídricos es mayor en esta industria”

8.1.3.2 Fuentes domésticas

Este tipo de contaminación de las aguas por actividades urbanas, son causadas principalmente por el mal manejo de los residuos sólidos y a su vez la descarga de aguas residuales tanto domésticas como sanitarias las cuales contienen altos contenidos de detergentes, aceites y coliformes fecales entre otros.

8.1.3.3 Fuentes agrícolas

Las fuentes agrícolas se dan como resultado del riego y otras tareas (como las actividades de limpieza del ganado), que aportan grandes cantidades de estiércol y orina al agua (compuestos orgánicos, nutrientes y microorganismos) (Egler, Buss, & Moreira, 2012).

Es entonces, que los pesticidas que se utilizan para tratar las plagas de los cultivos que ingresan al suelo (insectos, hongos, malezas) y se pueden lavar con lluvia o agua de riego. Estos contaminantes penetran en el suelo y llegan a ríos, lagos, océanos e incluso aguas subterráneas. Estas sustancias alterarán el equilibrio biológico y se acumularán en el organismo provocando intoxicaciones, de manera que el agua contaminada de esta forma dejará de ser utilizada por los humanos (Egler, Buss, & Moreira, 2012).

8.1.4 Principales contaminantes del agua

Hay muchos contaminantes del agua que se pueden dividir en las siguientes ocho categorías. Según (García, 2002), se conoce que:

Microorganismos patógenos: son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten el cólera, el tifus, diversas gastroenteritis, hepatitis y otras enfermedades. En los países en subdesarrollados estas enfermedades son causadas por estos patógenos es una de las causas más importantes de muerte prematura, especialmente entre los niños. Estos microorganismos son producidos por la persona infectada ya que suelen encontrarse en el agua de las heces y en los desechos orgánicos. Es por esta razón, que se mide la cantidad de coliformes presentes en el agua como un buen indicador de la salud del área de agua (García, 2002).

Desechos orgánicos: Son una colección de residuos orgánicos generados por humanos, ganado, entre otros; que se incluyen a las bacterias aeróbicas como son las heces y otras sustancias que las pueden degradar durante el consumo de oxígeno. Cuando este desperdicio es demasiado, el crecimiento de bacterias agotará el oxígeno, los peces y otros organismos que necesitan oxígeno ya no vivirán en estas aguas. Es importante recalcar que un buen indicador para medir la contaminación por desechos orgánicos es el oxígeno disuelto en el agua, OD o DBO (demanda biológica de oxígeno) (García, 2002).

Sustancias químicas inorgánicas: Este grupo incluye ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si se encuentran en grandes cantidades, pueden dañar seriamente los organismos, reducir los rendimientos agrícolas y corroer el equipo utilizado para el uso del agua (García, 2002).

Nutrientes vegetales inorgánicos: El nitrato y el fosfato son sustancias solubles en agua necesarias para el crecimiento de las plantas, pero si se encuentran en exceso, pueden causar un crecimiento excesivo de algas y otros organismos, lo que lleva a la eutrofización de los cuerpos de agua.

Cuando estas algas y otras plantas son degradadas por microorganismos y mueren, el oxígeno se consumirá y la vida de otros organismos se volverá imposible. Como resultado, el agua maloliente no se puede utilizar (García, 2002).

Compuestos orgánicos: Muchas moléculas orgánicas, como petróleo, gasolina, plásticos, pesticidas, solventes, detergentes, etc. Eventualmente ingresan al agua y en algunos casos permanecen por mucho tiempo porque son productos artificiales con estructuras moleculares complejas que son difíciles de degradar por los microorganismos. (García, 2002)

Sedimentos y materiales suspendidos: Muchas partículas arrancadas del suelo y llevadas al agua junto con otras sustancias son la principal fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la supervivencia de ciertos organismos, el sedimento acumulado destruye las zonas de alimentación o desove de los peces, llena lagos o pantanos y bloquea canales, estuarios y puertos (García, 2002).

Sustancias radiactivas: Los radioisótopos solubles en agua pueden existir en el agua y, a veces, pueden acumularse a lo largo de la cadena de nutrientes, y la concentración en algunos tejidos biológicos es mucho mayor que en el agua (García, 2002).

Contaminación térmica: El agua caliente que liberan las centrales eléctricas o los procesos industriales a veces eleva la temperatura de los ríos o embalses, lo que reduce su capacidad para retener oxígeno y afecta la vida biológica (García, 2002).

8.2 Bioindicadores de la calidad del agua

8.2.1 Bioindicadores

Los bioindicadores se definen como aquellas que por sus características (sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) pueden ser usadas

como estimadoras del estatus de otras especies o condiciones ambientales (González, Vallarino, Pérez, & Low, 2014).

8.2.2 Macroinvertebrados acuáticos

Dado que para (Domínguez y Fernández, s.f) los macroinvertebrados son organismos que se utilizan ampliamente como indicadores biológicos debido a diversas situaciones en la actualidad, destacamos:

- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Son en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

Como lo menciona (Pérez G. , 2016), los macroinvertebrados acuáticos se refieren a todos los organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos de árboles y rocas submarinas. Su población está compuesta principalmente por insectos planos, insectos, moluscos y crustáceos. Se les llama macroinvertebrados porque varían en tamaño de 0,5 mm a 5,0 mm, por lo que se pueden ver a simple vista.

8.3 Índices de calidad de agua

8.3.1 Índices biológicos

Los indicadores biológicos son las características de los sistemas vivos y se utilizan para descifrar los factores del medio ambiente. Inicialmente, los tipos o grupos de macroinvertebrados se utilizan como indicadores para determinar el nivel de contaminación en ríos. Lo que es particularmente útil en la investigación del proyecto.

Según lo menciona (López & López, 2013) Las comunidades de macroinvertebrados, principalmente los insectos, que habitan las aguas de continentes e islas son un interesante objeto de estudio para los ecólogos fluviales y conservacionistas. Uno de los problemas científicos más interesantes es la capacidad que tienen las comunidades de responder frente a los cambios ambientales. Si se pueden medir con exactitud las variaciones en la composición y estructura de las comunidades, se podrá, en teoría, medir indirectamente la intensidad de los cambios ambientales.

8.3.2 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

El Índice Biological Monitoring Working Party (abreviado como BMWP) es un método simple y rápido que sirve para evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos, y para analizar el nivel del hogar a través de datos cuantitativos de presencia y ausencia. Según la tolerancia de los diferentes grupos a los contaminantes orgánicos, las puntuaciones van del 1 al 10, siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante (Pérez R. , 2016).

El puntaje se asigna de acuerdo a la familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Puntaje asignado a cada Familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP/col

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, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Dugesidae.	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. (Toledo y Mendoza, 2016)

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.

Valores designados por medio del método BMWP/col

CLASE	CALIDAD	BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150	Aguas muy limpias.	AZUL
		101 a 120	Aguas no contaminadas o poco contaminadas	
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. (Pérez R. , 2016)

8.3.3 Índice ABI (Andean Biotic Index)

El propósito del índice ABI es evaluar cualitativamente la calidad del agua en función de la existencia de macroinvertebrados en el río Andino. Según la situación, los invertebrados acuáticos recolectados se identifican a nivel de clasificación biológica de hogar y orden, una vez determinado el valor se suman puntajes y se obtiene un valor índice para determinar la calidad del agua (Todelo & Mendoza, 2016) .

El índice ABI son invertebrados acuáticos y puntajes de calidad del agua, como se muestra en la Tablas 5 y 6.

Tabla 5.

Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI

Grupos taxonómicos		Puntaje	Grupos taxonómicos		Puntaje
Turbellaria		5		Ptilodactylidae	5
Hirudinea		3		Lampyridae	5
Oligochaeta		1		Psephenidae	5
	Ancylidae	6		Scirtidae (Helodidae)	5
	Physidae	3		Staphylinidae	3

Gasterópoda	Hydrobiidae	3	Coleóptera	Elmidae	5
	Limnaeidae	3		Dryopidae	5
	Planorbidae	3		Gyrinidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Dytiscidae	3
Amphipoda	Hyaellidae	6		Hydrophilidae	3
Ostracoda		3		Hydraenidae	5
Hydracarina		4	Díptera	Blepharoceridae	10
Ephemeroptera	Baetidae	4		Simuliidae	5
	Leptophlebiidae	10		Tabanidae	4
	Leptohiphiidae	7		Tipulidae	5
	Oligoneuridae	10		Limoniidae	4
Odonata	Aeshnidae	6		Ceratopogonidae	4
	Gomphidae	8		Dixidae	4
	Libellulidae	6		Psychodidae	3
	Coenagrionidae	6		Dolichopodidae	4
	Calopterygidae	8		Stratiomyidae	4
	Polythoridae	10		Empididae	4
Trichoptera	Helicopsychidae	10		Chironomidae	2
	Calamoceratidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Ephydriidae	2
	Polycentropodidae	8		Athericidae	10
	Hydroptilidae	6		Syrphidae	1
	Xiphocentronidae	8		Perlidae	10
	Hydrobiosidae	8		Gripopterygidae	10
	Glossosomatidae	7		Heteróptera	Veliidae
	Hydropsychidae	5	Gerridae		5
Anomalopsychidae	10	Corixidae	5		
Philopotamidae	8	Notonectidae	5		
Limnephilidae	7	Belostomatidae	4		
Lepidoptera	Pyralidae	4		Naucoridae	5

Nota. Toledo y Mendoza, 2016

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 y Mendoza, 2016

8.3.4 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

“El índice EPT toma en consideración la abundancia de tres Órdenes de insectos: Ephemeroptera (mayor tolerancia a la contaminación), Thrichoptera (tolerancia media) y Plecoptera (no tolera la contaminación y solo existe en aguas limpias)” (Bueñaño, Vásquez, Zurita, Parra, & Pérez, 2018).

Para calcular el índice EPT se basa en la siguiente fórmula:

$$EPT\ TOTAL = \frac{\sum EPT\ PRESENTES}{\# DE INDIVIDUOS} = * 100$$

Este índice clasifica los cuerpos de agua de acuerdo a 4 rangos porcentuales que van desde calidad mala (0-24%) a calidad muy buena (75-100%) como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7.*Valoración de la calidad del agua según el índice EPT*

Índice EPT	Calidad de Agua
75 – 100%	Muy buena
50 – 74%	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24%	Mala

Nota: (Carrera & Fierro, 2001)

8.3.5 Índice de diversidad de SHANNON-WEAVER

El índice de Shannon-Weaver intenta medir la diversidad de especies considerando su uniformidad. El índice tiene en cuenta el número de especies presentes en la muestra y el número relativo de individuos de cada especie. En otras palabras, considera la abundancia y riqueza de la especie (Gelambi, 20 de diciembre del 2018). El índice suele estar representado por H' y un número positivo. En la mayoría de los ecosistemas naturales, el índice varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3. Se considera que los valores inferiores a 2 tienen menor diversidad y los valores superiores a 3 tienen una mayor diversidad de especies. (Pla, 2006).

El índice de Shannon-Weaver es expresado como:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \ln p_i$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Weaver.

S = número de especies (la riqueza en especies).

P_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos.

n_i = número de individuos de la especie.

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

8.4 Índices de calidad de agua físico-químico


8.4.1 Índice de calidad de agua ICA

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es un índice ambiental que se puede utilizar como un único marco de referencia para transmitir información sobre la calidad del medio ambiente afectado y evaluar la vulnerabilidad o sensibilidad del agua a la contaminación. El índice recomienda categorizar la calidad representativa del agua de 0 a 100 según la composición evaluada. De esta forma, es posible clasificar el agua en buena, buena, media, mala o extremadamente mala según su estado. (Espinoza & Rodriguez, 2016).

"ICA" adopta el valor máximo definido de 100 en las mejores condiciones, y disminuye con el aumento de la contaminación del río estudiado. Después de calcular el tipo "normal" de índice de calidad del agua, la calidad del agua se clasificará de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 8. *Calificación del "ICA"*

Calificación del "ICA"

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

Nota: (Gutierrez & García, 2014)

8.4.2 Índice NSF

"NSF es el indicador más utilizado para evaluar la calidad del agua superficial consumida por el ser humano. El ICA-INSF consta de ocho variables físicas y químicas y un elemento biológico: coliformes fecales" (González, Caicedo, & Aguirre, 2013).

NSF citó: "La clasificación toma en cuenta las características de la fuente de la cuenca que se debe brindar a los destinos de consumo humano" (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014)

8.5 Parámetros de la calidad de agua (ICA-NSF)

8.5.1 Parámetros Físicos

"Definen las propiedades sensoriales del agua y pueden responder a la vista, el tacto, el gusto y el olfato, como los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, el sabor, el olor y la temperatura" (Padrillo, 2016).

8.5.1.1 *Temperatura (°C)*

Los macroinvertebrados son sensibles a los aumentos repentinos de la temperatura del agua, aunque si la temperatura aumenta en 3 ° C, muchas especies resistentes pueden persistir, con un 5% a un 12% de las especies más raras que corren el riesgo de extinción local. (Moya, Gibon, Oberdorff, Rosales, & Domínguez, 2010).

La radiación solar no solo determina la calidad y cantidad de luz, sino que también afecta la temperatura del agua. En las regiones templadas, la temperatura cambia mucho con las estaciones; en las regiones tropicales, la temperatura es más o menos constante durante todo el año, las montañas siempre son frías y el nivel del mar siempre es cálido. Es decir, los organismos afectados por los cambios estacionales son más tolerantes a los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están relacionados con estos cambios. (Roldán Pérez, 2012).

8.5.1.2 *Turbidez*

Es un estimador simple de materia en suspensión. Es adecuado para el agua que contiene materia en suspensión en la medida en que interfiere con el paso de la luz a través del agua. Cuanta más luz solar penetra en la columna de agua, menor es el número de sólidos o partículas suspendidas en la columna de agua, y viceversa (Quispe, 2014).

8.5.2 *Parámetros Químicos*

8.5.2.1 *Potencial de Hidrógeno*

En el agua, el valor de pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. La concentración de dióxido de carbono producido por la mineralización es un reactivo importante, ya que actuará como regulador, mantendrá el valor de pH y controlará la reacción química generada por la formación y los minerales en el cuerpo de agua cambian y se mezclan. (Villa, 2011).

8.5.2.2 Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. El valor normal varía entre 7,0 y 8,0 mg / l. La principal fuente de oxígeno es el aire, esencial para la supervivencia de los macroinvertebrados, que se difunden rápidamente en el agua debido a las turbulencias en los ríos y el viento en los lagos (Roldán Pérez, 2012).

8.5.2.3 Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno (mg / L) consumida cuando se oxidan las sustancias reductoras en el agua. Utilice oxidantes químicos como el dicromato de potasio. Como ya hemos dicho, la prueba DQO se utiliza para medir el contenido orgánico de aguas naturales y residuales. En la prueba, se utiliza un oxidante fuerte en un medio ácido para determinar el oxígeno equivalente de la materia orgánica que se puede oxidar (HANNA instruments, s.f).

8.5.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica en el agua. Su valor da el concepto de calidad del agua desde la presencia de materia orgánica, y puede predecir la cantidad de oxígeno necesaria para depurar el agua (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014).

8.5.2.5 Nitratos

El nitrato es una fuente de nutrientes para ciertos autótrofos. Las altas concentraciones de nitrato pueden determinar el grado de eutrofización en la masa de agua. Este parámetro puede determinar la concentración de nitrato en el agua, que está directamente relacionada con el uso excesivo de fertilizantes. Puede determinarse mediante espectrofotometría (el ion nitrato absorbe la luz ultravioleta) (Orjuela, 2013).

8.5.2.6 Fosfatos

El ion fosfato (PO_4^-) está formado por fósforo inorgánico como mineral, que contribuye directamente a la circulación de este elemento en el medio ambiente. También puede existir en forma de partículas, fragmentos sueltos en solución o en forma de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener cantidades variables de fosfatos, que pueden filtrarse de los suelos agrícolas a las vías fluviales cercanas (Bolaños , Cordero, & Segura, 2017).

8.5.2.7 Sólidos Totales Disueltos

El TDS es una medida de la sustancia en una muestra de agua, que tiene menos de 2 micrones (una millonésima parte de un metro) y no se puede eliminar con un filtro tradicional. El TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el recurso hídrico y es un buen indicador de la calidad del agua. TDS incluye sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico de menos de 1,5 micrones o soluble en agua (Adam & Bauder, sf).

8.5.3 Parámetros Microbiológicos

8.5.3.1 Coliformes totales

La definición general de coliformes es bacilo gramnegativo, aeróbico o anaeróbico facultativo, sin esporas, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares y otros tensos activos con propiedades inhibitoras del crecimiento similares, sin citocromos La oxidasa también puede fermentar para producir lactosa en 24 a 48 horas llenas de ácido, gas y aldehídos (ECOFLUIDOS INGENIEROS, 2012).

8.5.3.2 Coliformes fecales

Las coliformes fecales son aquellas que pueden fermentar lactosa a 44-45°C. Los indicadores microbiológicos de la contaminación del agua suelen ser bacterias de la flora saprofita, incluidas las coliformes fecales

(resistentes a altas temperaturas), E. coli y estreptococos fecales. Algunos de ellos son de origen animal (generalmente de explotaciones ganaderas). (Ríos, Aguedo, & Gutiérrez, 2017). Las formas más comunes de contaminación son la vida silvestre, las aguas residuales vertidos por las personas y las actividades ganaderas.

Las coliformes fecales se consideran termotolerantes porque pueden soportar temperaturas más altas. Actualmente, el nombre está atrayendo más atención porque es una forma más adecuada de definir este subgrupo, que se diferencia de los coliformes totales por las características de crecer a temperaturas más altas.

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros son autóctonos de aguas con residuos vegetales, como hojas en descomposición (Campos Pinilla, s.f).

9 MARCO LEGAL

En la investigación se consideró dentro del marco legal de los siguientes instrumentos jurídicos:

9.1 Constitución de la República del Ecuador

Artículo 6.- El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación. La ley establecerá las restricciones al ejercicio de determinados derechos y libertades, para proteger el medio ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo 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 (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Sesión segunda

Artículo. 14.- Derecho a un ambiente sano. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo. 71.- Derecho a la naturaleza. La naturaleza o *Pachamama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución en lo que proceda. El estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Capítulo Segundo

Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección 1ra. Naturaleza y Ambiente

Artículo. 395.- Principios ambientales. La constitución reconoce los siguientes principios ambientales: El Estado garantizará un modelo

sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. 1. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales y jurídicas en el territorio nacional. 2. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución, y control de toda actividad que genere impactos ambientales. 3. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que

conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Sección Sexta, Agua

Artículo. 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 (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

9.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA)

LIBRO VI, de la Calidad Ambiental, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece: Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado. (Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), 2015).

Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuando las

aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad límites máximos permisibles para uso agrícola o de riego (ver tabla 9): (Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), 2015)

Tabla 9.

Límites máximos permisibles para uso agrícola o riego

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

Sulfatos	SO ₄	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota: TULSMA Libro VI, Anexo I

10 PREGUNTAS CIENTÍFICAS

1. ¿Las actividades antrópicas que generan efluentes al río Illuchi influyen en la presencia de macroinvertebrados?
2. ¿Existe relación entre la calidad de agua del río con la diversidad de macroinvertebrados encontrados?

11 DISEÑO METODOLÓGICO

11.1 Protocolo de recaudación de muestras de agua

“Para la recolección de muestras de agua del río Illuchi, se debe considerar lo establecido en la Norma INEN 2169:2013 de AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

11.1.1 Manejo y conservación de la muestra

Según (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013). El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- b) absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- c) reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).

Otros factores a ser considerados son la resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la rotura, facilidad de sellado y apertura, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo, potencia para reúso y limpieza (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

11.1.2 Llenado de recipientes

- En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tiende a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.) (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).
- En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

11.1.3 Refrigeración y congelación de las muestras

- Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi completamente.
- La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.
- El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis.

11.1.4 Transporte de las muestras

- Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

- El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.
- Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

11.1.5 Rotulado

- Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.
- Anotar, en el momento del muestreo, todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los conservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.)
- Las muestras especiales con material anómalo, deben ser marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la anomalía observada. Las muestras que contienen material peligroso o potencialmente peligroso, por ejemplo, ácidos, deben identificarse claramente como tales.

11.2 Tipos de Investigación

11.2.1 Investigación Descriptiva

Se empleó para identificar y describir las características taxonómicas de los individuos y clasificarlos con ayuda de guías de estudio de macroinvertebrados acuáticos, que contienen información del sitio de muestreo como (coordenadas, fecha de colección, clima, temperatura) donde se clasificó a los macroinvertebrados por Clase, Orden, Familia y número de especies por Familia. Además, se interpretaron correctamente los resultados de las muestras de agua que se obtuvieron del río Illuchi.

11.2.2 Investigación de Campo

Al inspeccionar el área de estudio en el río Illuchi, se efectuó la georreferenciación de los tres puntos de muestreo (Laguna de Salayambo, Hacienda Noelanda y Barrio Saragosín) y se realizó la recolección de las muestras para determinar las diferentes especies de macroinvertebrados y la toma de muestras de agua del afluente.

11.2.3 Investigación Explicativa

Este tipo de investigación se basó en el uso de los índices ICA NSF, ETP, BMWP, ABI, Shannon-Weaver y con la normativa ambiental vigente para obtener información, que permitió una correlación entre los diferentes métodos, para evaluar la calidad de agua de río Illuchi.

11.2.4 Investigación Bibliográfica

Se recopiló información bibliográfica (tesis, publicaciones, artículos, libros, normas) de estudios relacionados a la determinación de la calidad de agua mediante bioindicadores (macroinvertebrados) y los índices de la calidad de agua para alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

11.3 Métodos

Existe una diversidad de formas para recolectar macroinvertebrados, por eso la selección de métodos varía de acuerdo al tipo de estudio a realizar.

11.3.1 Método cualitativo

“El método cualitativo es generalmente preferidos cuando el objetivo es caracterizar la biodiversidad de un lugar en particular. Por ejemplo, generar un listado taxonómico para una localidad determinada podría solamente requerir recolectar la mayor cantidad de taxa para el lugar” (Ramírez, 2010).

1. Identificación y selección de los puntos alto, medio y bajo de muestreo.
2. Recolección de la mayor diversidad posible de macroinvertebrados.
3. Conservación y etiquetado de los macroinvertebrados.

4. Identificación y análisis de las muestras tomadas con equipo y material de laboratorio. (La identificación de los macroinvertebrados debe ser inclusive el nivel taxonómico más bajo posible; sin embargo, en la mayoría de casos se puede establecer hasta el rango de familia o género).

11.3.2 Método cuantitativo

Según (Ramírez, 2010) “El método cuantitativo asocia una unidad de esfuerzo de muestreo a la muestra de macroinvertebrados. Por ejemplo, se pueden recolectar muestras por área o por tiempo de muestreo.

1. Identificación y selección de los puntos alto, medio y bajo de muestreo.
2. Recolección de la mayor diversidad posible de macroinvertebrados
3. Conservación y etiquetado de los macroinvertebrados
4. Identificación y análisis de las muestras tomadas con equipo y material de laboratorio. (Luego de la identificación se realizó un conteo de todos los macroinvertebrados de la muestra tomada, teniendo en cuenta el área total de la recolección.)

11.3.3 Método inductivo

Según (Dávila, 2006), “El método inductivo permite establecer conclusiones generales basándose en hechos recopilados mediante la observación directa, registro, análisis, clasificación y contrastación de resultados”.

Este método se utilizó con el fin de determinar la calidad de agua que presenta el río Illuchi a partir de los siguientes pasos:

1. Observación directa para evidenciar las actividades antrópicas desarrolladas en los puntos de estudio (Laguna de Salayambo, Hacienda Noelanda y Barrio Saragosín).
2. Registro de datos particulares, toma de muestras de agua y colecta de especímenes mediante la utilización de la red surber.
3. Clasificación de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su abundancia y sensibilidad al grado de tolerancia de contaminación.

4. Aplicación de los índices BMWP/col, EPT, ABI, SHANNON-WEAVER y análisis de laboratorio para la comparación con límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA.
5. Contraste de resultados obtenidos y establecimientos de conclusiones de carácter universal.

11.4 Técnicas

11.4.1 Observación

Esta técnica se realizó mediante una visita in situ, en la cual se reconoció los tres puntos de estudio (Laguna de Salayambo, Hacienda Noelanda y Barrio Saragosín) ubicados en el río Illuchi, de acuerdo a la percepción visual, además se pudo evidenciar en cada punto las actividades que son desarrolladas por la población.

11.4.2 Bibliográfica

Esta técnica permitió realizar una amplia búsqueda de información y recopilación de aquellos documentos científicos más relevantes, sirviendo como apoyo para el desarrollo de la presente investigación.

11.5 Instrumentos

11.5.1 Libreta de campo

Permitió registrar todos los datos tomados en cada punto estratégico, (coordenadas geográficas, temperatura, hora, fecha, caudal y características ambientales de las zonas).

11.5.2 Ficha de registro

Se utilizó para registrar los datos e información más relevantes (coordenadas geográficas, temperatura, hora, fecha, caudal y características ambientales de las zonas) obtenidos en los puntos georreferenciados.

11.5.3 Cámara fotográfica

Permitió la recopilación de imágenes relevantes tanto en la fase de campo como del laboratorio para el desarrollo del trabajo de investigación.

11.5.4 GPS

Ayudó a establecer con precisión las coordenadas geográficas (X, Y), altitud y longitud de los 3 puntos de estudio (Laguna de Salayambo, Hacienda Noelanda y Barrio Saragosín).

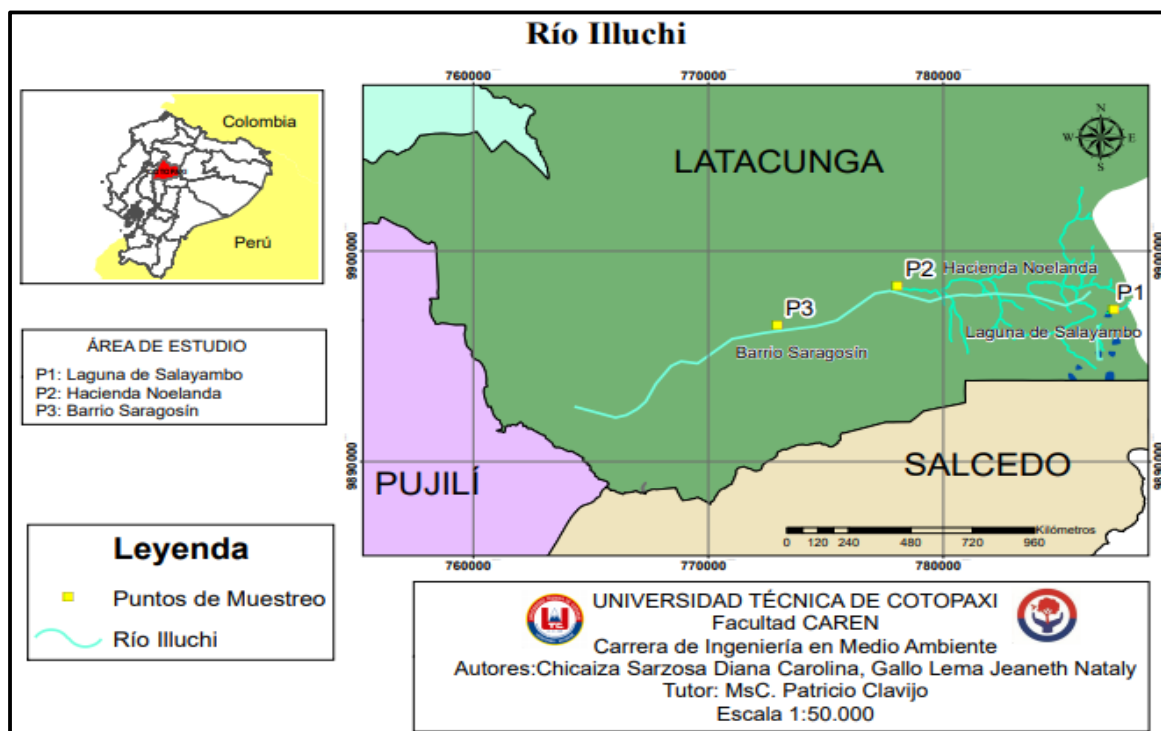
12 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

12.1 Ubicación

El río Illuchi es una corriente hidrográfica que está ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Ecuador con un código de región de Americas/Western Europe. Se encuentra a una altitud de 2,826 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura que va de entre los 8 a 11 ° C.

Ilustración 1.

Mapa del río Illuchi



Elaborado por: Equipo Investigador

El punto uno seleccionado en las coordenadas X: 787263; Y: 9897241, se encuentra cerca de la vertiente de agua proveniente del río Mulatos y de varios ojos de agua que unen la misma.

Se definió el punto de estudio en las coordenadas mencionadas debido a que existe la presencia de actividades antrópicas, como la introducción de ganado de lidia, équidos y quema de grandes hectáreas de pajonales los cuales pueden ocasionar alteraciones en la calidad y cantidad del agua.

El punto dos se ubica en las coordenadas X: 778042; Y: 989836. Se puede evidenciar en el sector la presencia de asentamientos humanos y varias actividades antrópicas entre las principales la agricultura y ganadería.

El punto tres se encuentra en la Parroquia Saragosín, en las coordenadas X: 772933; Y: 9896495. En este sector es evidente los indicios de contaminación en consecuencia de las acciones antrópicas desarrolladas por población que habita cerca de las riberas del río.

12.2 Descripción del sitio de estudio

12.2.1 Oferta Hídrica

En el territorio parroquial se encuentran dos unidades hidrográficas, la correspondiente al río Illuchi en la parte norte de la parroquia y; la de la Quebrada Angahuayco en el sur de la parroquia. Con respecto al río Illuchi, tenemos que la cabecera de su cuenca se encuentra fuera del territorio parroquial, encontrándose en la cabecera de la unidad hidrográfica un complejo de lagunas, entre las que señalamos Salayambo, Yanacocha, Pishca Cocha, Dragones y Retamales (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015).

12.2.2 Riego

La fuente de agua para el canal de riego es el río Illuchi que es provista desde los páramos orientales y la gestión del recurso se organiza a través del Directorio de agua Belisario Quevedo, el canal abastece a la parroquia

normalmente con 650 litros de agua concesionado y en época de estiaje con 300 litros. El agua de riego es contaminada por la basura que arrojan en los canales y acequias, así como por los agroquímicos que usan en los cultivos que van a parar a ríos, quebradas, canales, acequias y al alcantarillado público (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015).

12.2.3 Flora

Se evidenciaron la presencia de especies propias de la zona que muestran características únicas entre ellas: hojas peludas, duras, alargadas, arbustos, entre otras, como se observa algunas especies vegetales de la zona (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015).

Tabla 10.

Especies vegetales propias de la zona.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>
Carrizo	<i>Phragmites australis</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globules</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Cabuya	<i>Agave americano</i>
Pino	<i>Pinus sp</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Paja	<i>Stipa ichu</i>
Capulí	<i>Prunus serótina</i>
Tilo	<i>Tilia platyphyllos</i>
Chocho	<i>Lupinus bogotensis Benth.</i>
Papas	<i>Solanum tuberosum</i>
Quishuar	<i>Buddleja incanna</i>
Kikuyos	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Chuquiragua	<i>Chuquiraga sp</i>

Nota: (Marlon Castellanos, 2016)

12.2.4 Fauna

La influencia e intervención de la mano del hombre conjuntamente con el avance de la frontera agrícola han sido los factores que han ido deteriorando la fauna de la zona, ocasionando la desaparición de varios ejemplares del lugar. A continuación, se presenta un listado de las especies representativas del lugar (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015).

Tabla 11.

Mamíferos identificados en la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Ovino	<i>Ovis orientalis aries</i>
Bovino	<i>Bos Taurus</i>
Gato	<i>Felis silvestris catus</i>
Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Camélidos	Camelidae
Burro	<i>Equus africanus asinus</i>
Caballo	<i>Equus caballus</i>

Nota: (Marlon Castellanos, 2016)

Tabla 12.

Aves identificadas en la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Gallina	<i>Gallus domesticus</i>
Tórtola	<i>Streptopelia turtur</i>
Huiracchuro	<i>Pheucticus chrysogaster</i>
Quilico	<i>Falco sparverius</i>
Mirlo	<i>Turdus merula</i>
Curiqingue	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>

Nota: (Marlon Castellanos, 2016)

12.2.5 Clima

Dividiendo al territorio de acuerdo a la altitud, se tiene que los parámetros climáticos como la temperatura, la precipitación media y la velocidad del viento varían.

Hay que recalcar que en la zona baja los descensos de temperatura que ocasionalmente se registran son el origen de las heladas que provocan problemas a la agricultura. Estas se presentan entre los meses de enero, febrero, abril, junio y noviembre, según información generada en los talleres del diagnóstico con los moradores de la zona. En la zona alta se han registrado heladas en los meses de abril, julio, agosto, noviembre y granizadas que suceden en noviembre y diciembre esporádicamente (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015).

Tabla 13.

Clima

PARÁMETRO	ZONA BAJA	ZONA ALTA
Temperatura media anual	13.3 °C	7.7 °C
Temperatura media mensual	12.4 a 13.8 °C	6 a 12 °C
Temperatura extrema	máx.: 27.5 °C min.: 6 °C	máx.: 18°C min.: 7.5 °C
Precipitación media	450 a 700 mm. Max (lluvia): de febrero a mayo, octubre y noviembre. Min (seco): junio a septiembre.	700 a 1500 mm. Max (lluvia): de febrero a abril. Min (seco): junio a septiembre.
Velocidad promedio anual del viento	4.6 m/s. Max: 6.5 m/s en octubre min.: 3.6 m/s en julio	Max: Julio a Septiembre

Nota: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015)

12.3 Fase de campo

El río Illuchi, seleccionada como área de estudio requirió un diagnóstico actual, por lo cual se realizó una visita in situ para delimitar y georreferenciar los puntos que conforman parte del presente proyecto de investigación. Para la

georreferenciación de los puntos se utilizó un GPS y el software ArcGIS para la elaboración del mapa correspondiente.

La fase de campo se procede a desarrollar en los meses de noviembre, diciembre y enero de según los puntos georreferenciados como se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14.

Coordenadas Geográficas del río Illuchi

Código	Referencia	Río	Coordenadas UTM	Puntos
P1	Laguna de Salayambo	Illuchi	787263; 9897241	Alto
P2	Hacienda Noelanda	Illuchi	778042; 9898362	Medio
P3	Barrio Saragosín	Illuchi	772933; 9896495	Bajo

Elaborado por: Equipo Investigador

12.3.1 Técnicas de muestreo en aguas poco profundas

Existe una gran diversidad de ambientes en los cuales habitan numerosas cantidades de macroinvertebrados, por ello se requiere contar con una amplia variedad de técnicas e instrumentos que permitan facilitar su captura y posterior su estudio.

12.3.1.1 Materiales

- Envases plásticos
- Pinzas
- Bandeja blanca
- Red patada
- Red Surber
- Alcohol al 70%
- Balde
- Botas y guantes
- Lupa
- Cooler
- Esfero

- Etiquetas

12.3.1.2 Procedimiento

- Para realizar el muestreo de los macroinvertebrados se requiere de dos personas, uno que con las fuerzas de sus extremidades movió y agitó la tierra y piedras que se encontraban en el fondo del río, mientras que la otra persona sostiene la red patada en contra de la corriente.
- Todos los macroinvertebrados atrapados en la red patada, posteriormente fueron colocados en la bandeja blanca para ser separados del resto de ramas, piedras, tierra y hojas, etc., esto se realizó con la ayuda de las pinzas entomológicas.
- En los respectivos envases se colocó alcohol al 70% y se procedió a introducir los macroinvertebrados recolectados, para luego ser etiquetados.
- Los envases etiquetados en cada punto fueron colocados en el cooler a una temperatura menor a 5°C y transportados al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su respectiva identificación.

12.3.2 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 2 169:13.

12.3.2.1 Materiales

- Botellas o recipientes de vidrio o plástico.
- Botas
- Guantes
- Cooler
- Termómetro
- Libreta de campo.
- Etiquetas

12.3.2.2 Procedimiento

- Se realizó el triple lavado de los recipientes empleados para la toma de muestras.
- Los recipientes utilizados para el muestreo fueron debidamente llenados y sellados en cada uno de los puntos de muestreo.
- Se colocaron las respectivas etiquetas en cada recipiente, detallando de manera clara y concreta (fecha, hora, lugar de muestreo y tipo de análisis a realizarse).
- Las muestras fueron colocadas en el cooler que se encontraba a una temperatura de 2 °C a 5 °C para su posterior transporte.
- Se transportaron las muestras como lo establece la Norma Técnica INEN 2169:13, para su posterior recepción en el laboratorio LANCAS INAMHI y su respectivo análisis.

13 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 15.

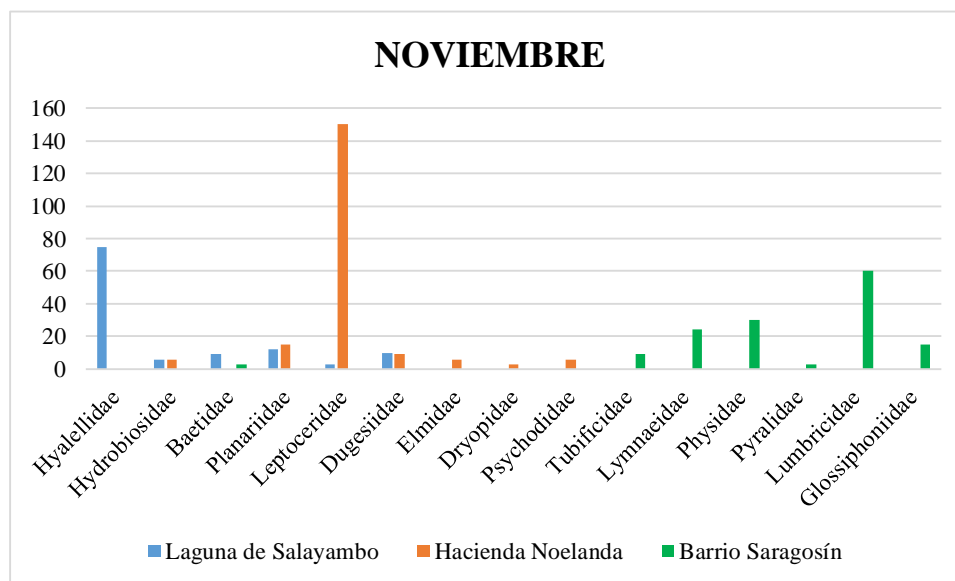
Resultados de la calidad de agua del río Illuchi correspondiente al mes de noviembre

Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Diversidad
	BMW	Calidad	ABI	Calidad	%	Calidad		
	P /col				EPT			
Laguna de Salayambo	44	Dudosa	36	Regular	16%	Mala	1,70	Media
Hacienda Noelanda	50	Dudosa	39	Regular	73%	Buena	1,64	Media
Barrio Saragosín	23	Critica	19	Mala	2%	Mala	2,25	Media

Elaborado por: Equipo Investigador

Ilustración 2.

Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre



Elaborado por: Equipo Investigador

En el mes de noviembre se puede observar que la calidad de agua en el P1 perteneciente a la Laguna de Salayambo de acuerdo al índice BMWP/col con un valor de 44 se ubica en la escala de color amarillo dando como resultado aguas moderadamente contaminadas, el índice ABI presenta un valor de 36 con una calidad de agua regular y el índice EPT con un porcentaje de 16% indica un resultado de calidad de agua mala. El índice de SHANNON-WEAVER muestra la existencia de poca diversidad de especies entre ellas se destaca la Familia Hyalellidae en su mayoría.

En el P2 correspondiente a la Hacienda Noelanda, de acuerdo al índice BMWP/col con un valor de 50 ubicándose en la escala de color amarillo da como resultado que la calidad de agua es Dudosa es decir está moderadamente contaminada, el índice ABI presenta un valor de 39 y el EPT con un porcentaje de 73% exhiben un resultado de calidad regular. De acuerdo al índice de SHANNON-WEAVER muestra que la diversidad de macroinvertebrados es media destacándose la Familia Leptoceridae con un número mayor de especies.

En el P3 correspondiente al Barrio Saragosín, de acuerdo al índice BMWP/col con un valor de 23 se ubica en la escala de color naranja, dando como resultado que la calidad de agua se encuentra es estado crítico, mientras que el índice ABI presenta

un valor de 19 y EPT con un porcentaje de 2% ostentan una calidad mala. El índice de SHANNON-WEAVER presenta una diversidad media encontrándose las siguientes Familias: Lumbricidae, Physidae, Lymnaeidae, Glossiphoniidae, Tubificidae y Phryalidae siendo esta última Familia que posee la menor cantidad de especies.

Tabla 16.

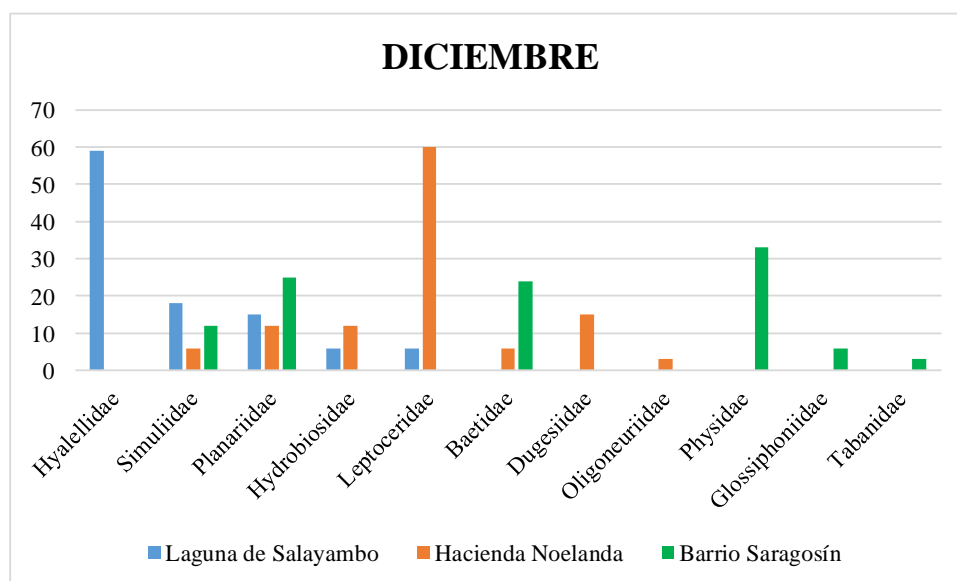
Resultados de la calidad de agua del río Illuchi del mes de diciembre

Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Diversidad
	BMW	Calidad	ABI	Calidad	%	Calidad		
	P /col				EPT			
Laguna de Salayambo	39	Dudosa	32	Mala	12%	Mala	1,78	Media
Hacienda Noelanda	55	Dudosa	45	Regular	71%	Buena	2,14	Media
Barrio Saragosín	33	Critica	24	Mala	23%	Mala	2,26	Media

Elaborado por: Equipo Investigador

Ilustración 3.

Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre



Elaborado por: Equipo Investigador

La calidad de agua en el mes de diciembre en la Laguna de Salayambo, con respecto al índice BMWP/col presenta un resultado de 39 colocándose en la escala de color amarillo con una calidad moderadamente contaminada. El índice ABI con un valor de 32 y EPT con un valor de 12% ambos exhiben una calidad mala. El índice de SHANNON-WEAVER presenta una diversidad media de macroinvertebrados en la cual existe un total de 5 Familias que corresponden a: Hyalellidae, Simuliidae, Planaridae, Hrybdiosidae y Leptoricidae.

En el punto dos perteneciente a la Hacienda Noelanda, el índice BMWP/col presenta un valor de 55 ubicándose en la escala de color amarillo con una calidad moderadamente contaminada. El índice ABI con un valor de 45% siendo su calidad de agua regular y el EPT con un valor de 71% con una calidad buena debido a la existencia del Orden Ephemeroptera correspondiente a las Familias (Baetidae-Oligoneuriidae) y Trichoptera correspondiente a las Familias (Leptoceridae-Hydrobiosidae). De acuerdo al índice SHANNON-WEAVER presenta una diversidad media de 7 Familias entre las siguientes: Simuliidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae Baetidae, Oligoneuriidae pertenecientes a la Clase Insecta y Dugesidae perteneciente a la Clase Platelminfos.

En el Barrio Saragosín, el índice BMWP/col presenta un valor de 33 colocándose en una escala de color naranja donde se muestra que la calidad de agua se encuentra en estado crítico. El índice ABI con un valor de 24 y el EPT con un valor de 23% exhiben una calidad mala. Mientras que la diversidad de macroinvertebrados presentes es normal de acuerdo al índice SHANNON-WEAVER.

Tabla 17.

Resultados de la calidad de agua del río Illuchi correspondiente al mes de enero

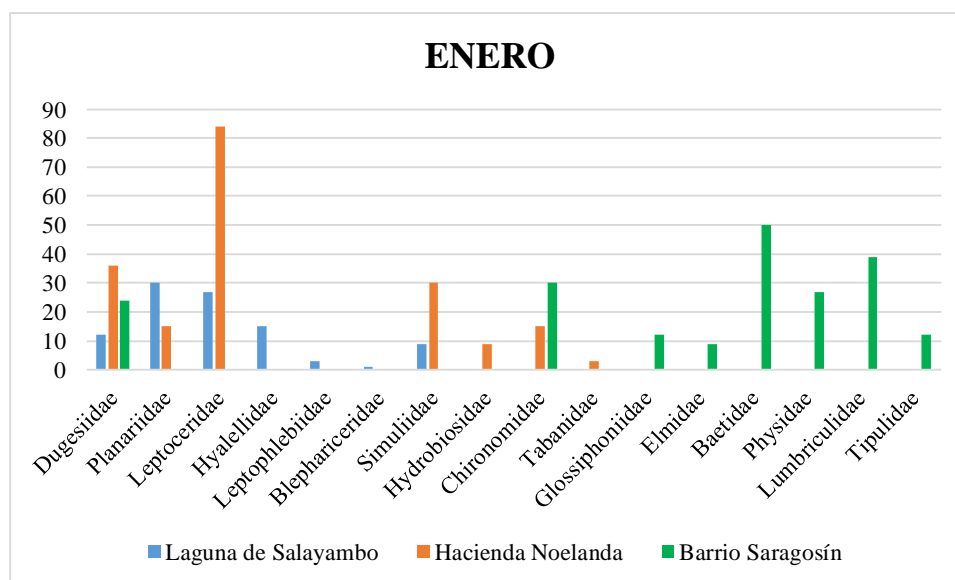
Río Illuchi/ Mes de Enero	
Calidad del Agua	Diversidad

Punto de muestreo	BMW P /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad	ÍNDICE SHANNON-WEAVER	
Laguna de Salayambo	55	Dudosa	49	Regular	31%	Mala	2,37	Media
Hacienda Noelanda	45	Dudosa	37	Regular	62%	Buena	1,93	Media
Barrio Saragosín	31	Critica	28	Mala	24%	Mala	2,80	Media

Elaborado por: Equipo Investigador

Ilustración 4.

Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de enero



En el mes de enero la calidad de agua en la Laguna de Salayambo de acuerdo al índice BMWP/col presenta un valor de 55 ubicándose en la escala de color

amarillo que representa una calidad dudosa es decir esta moderadamente contaminada. El índice ABI con un valor de 49 y EPT con un porcentaje de 31% presenta un resultado de calidad regular. Con respecto al índice SHANNON-WEAVER su diversidad es media y existe un total de 4 Familias pertenecientes a la Clase Insecta, 2 Familias a la Clase Platelmintos y 1 Familia a la Clase Malacostra.

En la Hacienda Noelanda el índice BMWP/col se encuentra en la escala de color amarillo con un valor de 45, presenta un resultado de calidad de agua moderadamente contaminada. Con un valor de 37 el índice ABI exhibe una calidad regular y un porcentaje de 62% índice EPT con una calidad buena. De acuerdo al índice SHANNON-WEAVER presenta una diversidad media de especies, entre las cuales se encuentran 2 Familias correspondientes la Clase: Platelmintos (Dugesiidae, Planariidae) y 5 Familias correspondientes a la Clase: Insecta (Leptoceridae, Simuliidae, Hydrobiosidae, Chironomidae y Tabanidae).

En el Barrio Saragosín con un valor de 31 ubicándose en la escala de color naranja se encuentra el índice BMWP/col, donde exhibe una calidad Crítica. Con respecto al índice ABI con un valor de 28 y el EPT con un porcentaje de 24% presentan una calidad mala, pese a que en este último existe la presencia del Orden Ephemeroptera correspondiente a la Familia Baetidae. La diversidad de especies es media de acuerdo al índice SHANNON-WEABER, existiendo un total de 8 Familias correspondientes a las Clases: Platelmintos, Insecta, Hirudinea, Pseudosuccinea y Oligochaeta.

Tabla 18.

Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológico

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO DE ANÁLISIS RÍO ILLUCHI						Límite Máximo Permisible para uso agrícola o de riego (TULSMA)	Criterio de resultados COMPARACIÓN					
		LAGUNA DE SALAYAMBO		HACIENDA NOELANDA		BARRIO SARAGOSÍN			LAGUNA DE SALAYAMBO		HACIENDA NOELANDA		BARRIO SARAGOSÍN	
		Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre		Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre
Nitratos	mg/l	0,03	0,04	0,14	0,15	0,01	0,02	0,5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	4,43	0,27	3,96	4,68	2,62	5,36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfatos	mg/l	0,537	0,513	0,465	0,424	0,662	0,618	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Oxígeno disuelto	mg/l	21,9	17,6	22,1	16,2	30,9	21,9	3	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Solidos totales	mg/l	29	50	34	140	20	96	3000,0	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PH	pH	6,17	5,35	7,10	6,20	6,90	5,80	6-9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Temperatura	°C	9	9	15	12	13	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turbidez	NTU	1,49	1,85	1,64	0,90	2,00	3,23	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Coliformes fecales	NMP/100 mg/l	400	800	15000	10000	27000	70000	1000	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
ICA NSF		66	66	57	53	56	48							

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 19. Resultados del índice ICA NSF

Resultados del índice ICA NSF

ÍNDICE	LAGUNA DE SALAYAMBO		HACIENDA NOELANDA		BARRIO SARAGOSÍN	
	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre
ICA NSF	66	66	57	53	56	48
	Regular					Malo

Elaborado por: Equipo Investigador

El índice de calidad de agua (ICA) permitió evaluar la condición del recurso hídrico del río Illuchi en los tres puntos monitoreados. Para ello en la presente tesis se empleó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF); el cual consta de 9 parámetros (temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los tres puntos (P1. Laguna de Salayambo, P2. Hacienda Noelanda y P3. Barrio Saragosín) del río durante el período 2020-2021.

Los resultados proporcionados por el laboratorio del análisis Físico - Químicos y Microbiológicos del agua del río Illuchi en los tres puntos monitoreados permitieron determinar la calidad actual del recurso hídrico en los meses de noviembre del 2020 y diciembre del 2020, como se puede observar en la Tabla 18, en el P1 Laguna de Salayambo y P2 Hacienda Noelanda en los dos meses noviembre y diciembre se encuentra en un rango de calidad regular, de acuerdo a la Tabla 8 de la clasificación del índice de calidad del agua (ICA), los puntajes obtenidos se ubican en la escala de **51 – 70**, color amarillo, mientras tanto en el P3 Barrio Saragosín en el mes de noviembre asimismo está en el rango de calidad regular, en el mes de diciembre se encuentra en un rango de calidad mala en la cual se ubica dentro de la escala de **26-50** color rojo.

Por otro lado, al comparar con la normativa vigente TULSMA, en la Tabla 9 de límites máximos permisibles para uso agrícola o de riego, se notó que en los

tres puntos monitoreados de los dos meses noviembre 2020 y diciembre 2020, el parámetro de oxígeno disuelto no cumple dentro del rango permitido de la normativa, al igual que no cumple dentro del rango con el parámetro de coliformes fecales de los puntos (2 y 3) de los dos meses.

Tabla 20.

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

Microcuenca del río Illuchi												
Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua						Diversidad SHANNON – WEAVER		CAUDAL	ABUNDANCIA	N° DE FAMILIAS
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad					
Laguna de Salayambo	Nov	44	Dudosa	36	Regular	16%	Malo	Diversidad media	1,70	0,32	115	6
	Dic	39	Dudosa	32	Malo	12%	Malo	Diversidad media	1,78	0,29	104	5
	Ene	55	Dudosa	49	Regular	31%	Malo	Diversidad media	2,37	0,27	97	7
Hacienda Noelanda	Nov	50	Dudosa	39	Regular	73%	Buena	Diversidad media	1,64	0,14	145	7
	Dic	55	Dudosa	45	Regular	71%	Buena	Diversidad media	2,14	0,19	114	7
	Ene	45	Dudosa	37	Regular	62%	Buena	Diversidad media	2,27	0,16	258	7
Barrio Saragosín	Nov	23	Critica	19	Malo	2%	Malo	Diversidad media	2,25	0,90	144	7
	Dic	33	Critica	24	Malo	23%	Malo	Diversidad media	2,26	0,70	103	6
	Ene	31	Critica	28	Malo	24%	Malo	Diversidad media	2,80	0,45	203	8

Elaborado por: Equipo Investigador

La calidad de agua en la Laguna de Salayambo, presenta los siguientes resultados obtenidos conforme a los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero, donde la aplicación de las tablas taxonómicas permitió la identificación y clasificación de los macroinvertebrados de acuerdo a su taxonomía y puntuación, según la tabla correspondiente al índice BMWP/col, exhibe que la calidad de agua del río Illuchi posee una calidad dudosa, es decir que el afluente está moderadamente contaminado; con respecto al índice ABI muestra que en los meses de noviembre y enero la calidad tiende a ser regular mientras en el mes de diciembre presenta un resultado de calidad malo; de acuerdo al índice EPT la calidad presentada en los 3 meses muestra que la calidad del río es malo. Según el índice de SHANNON-WEAVER presenta que la diversidad de macroinvertebrados es normal en los 3 meses, siendo el mes de noviembre con un valor de 1,70 y diciembre con 1,78 de abundancia, son valores que no se encuentran tan dispersos, mientras que el mes de enero muestra un valor más alto de 2,37.

La calidad de agua en el punto dos correspondiente a la Hacienda Noelanda, presenta los siguientes resultados obtenidos de acuerdo a los respectivos muestreos realizados en los 3 meses, con respecto al índice BMWP/col muestra que el estado de la calidad de agua es dudosa, es decir; al igual que el punto uno está moderadamente contaminada; de igual manera en los meses de noviembre, diciembre y enero la calidad con respecto al índice ABI es regular y el índice EPT exhibe una calidad buena, en cuanto a su diversidad de especímenes es Media con valores que van desde 1,64 en el mes de noviembre, 2,14 en el mes de diciembre y 2,27 en enero siendo el más alto.

El Barrio Saragosín correspondiente al último punto muestreado en los meses de noviembre, diciembre y enero, de acuerdo al índice BMWP/col exhibe que el afluente se encuentra en estado crítico, es decir que está muy contaminado, mientras en lo que corresponde a los índices ABI y EPT muestra que la calidad de agua es mala en los 3 meses, en cuanto al índice SHANNON-WEAVER presenta una diversidad Media con valores de 2,25 en el mes de enero, 2,26 en el mes de diciembre y finalmente 2,80 en enero llegando a ser el valor más alto en abundancia.

En total se recolectaron 1266 individuos de macroinvertebrados acuáticos de los cuales la mayoría de las especies que fueron más comunes y abundantes corresponden a las Familias de Hyalellidae, Planariidae, Dugesiidae y Glossiphoniidae que dentro de los índices BMWP/col y ABI generan la respectiva puntuación de cada Familia para conocer el estado del agua, cabe indicar que las Familias mencionadas son individuos que crecen en presencia de contaminación. De acuerdo al índice EPT las especies más comunes y abundantes que se encontraron pertenecen a las Familias Leptoceridae e Hydrobiosidae, que son indicadores de buena calidad, debido a que son especies sensibles a contaminantes o trastornos del medio donde habitan, además cabe indicar que también existe la presencia de la familia Baetidae que corresponden a individuos que habitan en aguas con poca contaminación.

Tabla 21.

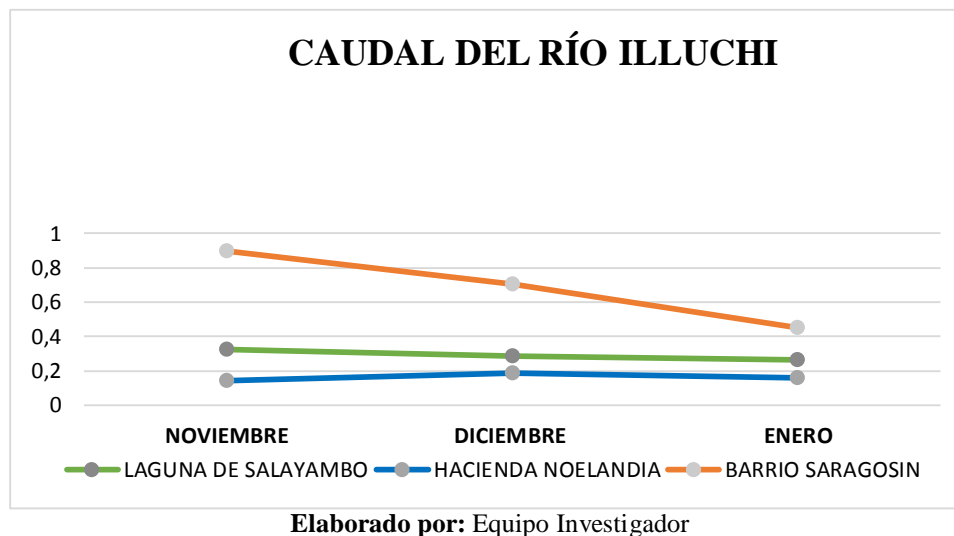
Valores de Caudal en los 3 puntos de muestreo del río Illuchi

CAUDAL DEL RÍO ILLUCHI			
Puntos	Noviembre	Diciembre	Enero
Laguna de Salayambo	0,324 m ³ /s	0,286 m ³ /s	0,265 m ³ /s
Hacienda Noelanda	0,144 m ³ /s	0,186 m ³ /s	0,161 m ³ /s
Barrio Saragosín	0,896 m ³ /s	0,703 m ³ /s	0,454 m ³ /s

Elaborado por: Equipo Investigador

Ilustración 5.

Caudal correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero en el río Illuchi



Después de la medición del caudal del río Illuchi de acuerdo al método del flotador, se introdujo a Excel los valores de los caudales de los tres meses noviembre, diciembre del 2020 y enero del 2021 en los tres puntos (alto, medio y bajo), como observamos a continuación en la Tabla 21 los valores promedio para el mes de noviembre muestra un caudal alto $0,455 \text{ m}^3/\text{s}$, el mes de diciembre presenta un caudal medio de $0,392 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras, el mes de enero se mostró un caudal bajo $0,293 \text{ m}^3/\text{s}$, esto debido a las variaciones que afectan el caudal de las fuentes de agua entre ellos son: clima, pendiente, vegetación, precipitación entre otro, debido que los meses de noviembre y diciembre se presencié época lluviosa por el cual incrementó el caudal de estos dos meses, en tanto que el mes de enero su caudal fue bajo debido a la época seca. El promedio de los tres meses obtuvo un caudal de $0,379 \text{ m}^3/\text{s}$.

14 DISCUSIÓN

En las últimas décadas el uso de macroinvertebrados acuáticos se ha convertido en una de las principales herramientas utilizadas con mayor frecuencia en estudios relacionados con la contaminación principalmente en el recurso hídrico, pues resultan ser excelentes bioindicadores ya que la presencia o ausencia de estos organismos permite determinar la calidad de agua que posee el río.

En el cuerpo hídrico analizado se identificaron un total de 1266 macroinvertebrados acuáticos divididos en 7 Clases, 11 Órdenes y 22 Familias. De acuerdo a la aplicación de los índices biológicos BMWP/col-ABI en el P1 y P2 muestran que existe una correlación en cuanto a la calidad del recurso hídrico dando como resultado una calidad Dudosa-Regular de (Aguas Moderadamente Contaminadas), donde la presencia de individuos se hallan en ciertas limitaciones debido a la influencia de varios factores que están asociados al tiempo hidrológico, las altas precipitaciones influyeron en el aumento del caudal del río provocando un efecto directo en la (presencia-ausencia) de dichas comunidades dando como resultado una variabilidad significativa en el comportamiento de los mismos. En el P1 con mayor número de individuos se tiene la presencia de las Familias Hyalellidae, Planaridae y Dugesiidae, se caracterizan por habitar en ambientes acuáticos bien oxigenados, algunos individuos son tolerantes a cierto grado de contaminación (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016), mientras que en menor abundancia están las Familias Hydrobiosidae y Leptoceridae la baja representatividad de estos individuos se debe a que los ríos con mayor caudal arrastran algunos especímenes dentro de áreas (río-abajo) y por ende se espera una disminución de los taxones sensibles como los EPT y un aumento en la importancia de los taxones tolerantes, reduciendo la diversidad (Bispo & Olivera, 2007).

En cuanto al P2 muestra que la calidad de agua es Buena con respecto al índice EPT, debido a que presenta caudales bajos durante los 3 meses de estudio, lo cual influyó en el incremento de las Familias Hydrobiosidae y Leptoceridae mismas que son consideradas como indicadores de aguas limpias por ser organismos sensibles a la contaminación (Arroyo & Encalada, s.f), la predominancia de estos individuos se debe a que están asociadas con la presencia de vegetación nativa, aguas oligotróficas con elevada oxigenación y al tipo de sustrato (rocas grandes) (Roldán, 1999).

El río sufre alteraciones en el punto 3 y la presencia de macroinvertebrados acuáticos EPT disminuye dando como resultado una calidad de agua Mala, esto debido a que se presenta mayor indicios de contaminación, principalmente por los vertidos líquidos de origen doméstico, agrícola y ganadero, factores que perturban

las condiciones hidrológicas del agua ya que no son tratadas antes de ser vertidas al río Illuchi, por ende es notorio la predominancia de Familias Lumbricidae, Tubificidae, Glossiphoniidae y Physidae la mayoría de estos organismos viven en aguas eutrofizadas y con abundante cantidad de materia orgánica (Tapia, y otros, 2018), soportando altos niveles de contaminación. De acuerdo al índice BMPW/col y ABI los macroinvertebrados mencionados tienen una puntuación concreta (1-10) dentro de su taxa, lo que los ubica como Familias indicadoras de aguas muy contaminadas. Es importante recalcar que en el punto 3 se evidencia la presencia de la Familia Baetidae del Orden Ephemeroptera, esto debido a que su género puede lograr vivir en ambientes con presencia de agua con un grado de contaminación moderada a muy contaminada” (Escobar & Montoya, 2019).

En cuanto a los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos, el oxígeno disuelto sobrepasa los Límites Máximos Permisibles establecidos por el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I, Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas destinadas al uso agrícola, esto debido a la presencia de factores antrópicos que son desarrolladas cerca de los sitios de estudio, al crecimiento poblacional y a vertidos de aguas residuales agrícolas, domésticas e industriales que son emitidas directamente sin previo tratamiento al río Illuchi (Orlatey & González, 2018), lo cual provoca cambios en las condiciones hidrológicas dando como resultado un aumento de individuos tolerantes a aguas contaminadas y la disminución o muerte de organismos acuáticos sensibles a la contaminación.

De acuerdo al análisis microbiológico muestra que existen cambios en la calidad biológica del agua, siendo evidente la alta concentración de coliformes fecales en el P2 y P3 de estudio, la presencia de estas bacterias en el agua se debe a que existe contaminación con materia orgánica de origen fecal, tanto animal como humana (Durán, 2016), siendo su fuente principal las descargas de aguas residuales domésticas e industriales (Palacios, 2013).

15 IMPACTOS

15.1 Impactos sociales

El proyecto de investigación colaboró con resultados obtenidos de la toma de muestreo del agua de los diferentes puntos del río Illuchi, los mismos que

servieron para el conocimiento de la población que hace uso del agua como regadío para las actividades agrícolas. Es importante recalcar que este efecto es debido a la acción de los pobladores cercanos y lejanos al río Illuchi generando así un impacto ambiental social. Se observa que la calidad ambiental dentro es negativa por el estudio realizado. Por lo que, mediante este estudio se pretende que la ciudadanía junto con las autoridades tome acciones de concientización sobre la conservación y protección del recurso hídrico.

15.2 Impactos técnicos

La investigación se realizó en los laboratorios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología LANCAS (INAMHI) y la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que cuentan con los equipos, materiales y reactivos necesarios para la ejecución del proyecto, esto permitió que los parámetros físicos-químicos a analizar se realice de manera fiable, así mismo la identificación, clasificación y conteo de macroinvertebrados se ejecutó de manera rápida permitiendo determinar la calidad de agua que posee el río Illuchi.

15.3 Impactos ambientales

Es evidente la presencia de actividades de origen antrópico como la ganadería, agricultura, descargas de desechos líquidos y asentamientos humanos los cuales afectan directamente las condiciones hidrológicas del cuerpo hídrico. Por medio de esta investigación se midió el nivel de contaminación que existe en el río Illuchi, generado por las actividades antes mencionadas, los mismos que permitieron evaluar y proponer estrategias para mitigar dichos impactos ocasionados en la población, por lo cual esta técnica fue un método práctico que permitirá mejorar la calidad de agua y en si la calidad de vida de los moradores.

15.4 Impacto económico

La aplicación de macroinvertebrados acuáticos en los estudios de cuerpos hídricos ayuda a conocer la calidad del agua de manera rápida por su fácil aplicación, sin la necesidad de recurrir a gastos elevados, puesto que la técnica permite observar los microorganismos desde la toma de la muestra, lo que no sucede con otros métodos de medición de la calidad del agua, además es un

método fiable y económico.

16 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

1. ¿Las actividades antrópicas que generan efluentes al río Illuchi influyen con la presencia de macroinvertebrados?

En este estudio se analizó las presiones antropogénicas sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Illuchi, donde se ejecutó previo recorrido del tramo del río que comprendió el estudio de tres puntos (alto, medio y bajo) donde las actividades antropogénicas como son las agrícolas, ganaderas y asentamientos humanos influyen en la calidad del agua. Las muestras tomadas en el P1 Laguna de Salayambo y P2 Hacienda Noelanda con poca intervención humana presentaron una buena calidad del agua en comparación con el P3 Barrio Saragosín que muestra una mala calidad del agua en la cual también se determinó que la composición de las comunidades de macroinvertebrados difiere entre estaciones, existiendo un fuerte incremento de la riqueza, densidad y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la estación seca. Se observa que gracias a la presencia de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en el río Illuchi, el agua se encuentra regular hacia mala en el tema de contaminación.

2. ¿La utilización de los índices de calidad de agua ICA NFS, EPT, BMWP, ABI y Shannon-Weaver por bioindicadores (macroinvertebrados) determinó la calidad del agua del río Illuchi?

La aplicación de estos índices biológicos nos proporcionó excelentes resultados sobre la calidad del agua del río Illuchi. En donde se determinó mediante la utilización de estos índices ICA NFS, EPT, BMWP, ABI y Shannon-Weaver, donde el ICA NFS presenta un valor promedio de 57,66% lo cual muestra que la calidad de agua del cuerpo hídrico es Regular (Aguas Moderadamente Contaminadas). El índice EPT exhibe un valor promedio de 34,9% revelando una calidad de agua Regular. El índice BMWP/col presenta un valor promedio de 41,8% con una calidad Dudosa (Aguas Moderadamente Contaminadas) y el índice ABI demuestra un valor promedio de 34,3% exhibiendo una calidad Mala. Para el índice de Shannon Weaver de acuerdo a la abundancia de macroinvertebrados presenta un promedio de 2,13% demostrando una diversidad media misma que se

encuentra asociada con la presencia de contaminación, también fue importante el registro de parámetros como pH, turbiedad, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros parámetros que junto fueron una herramienta excelente que contribuyó a la investigación actual siendo guía para el alcance del tipo de calidad de agua. Quedando claramente el estado del recurso hídrico en que se encuentra el agua del río Illuchi.

17 CONCLUSIONES

Los estudios realizados a nivel de campo y laboratorio permiten afirmar lo siguiente:

- El diagnóstico actual realizado sobre la calidad del agua del río Illuchi muestra que ha sido afectado con el transcurso del tiempo debido a que sufre constantes cambios en su entorno a lo largo de su trayecto, se determinó que la existencia de factores que contribuyen a la contaminación del afluente es principalmente los pastoreos de especies bovinos y équidos, quema de pajonales, agricultura, descargas de efluentes domésticos y la falta de conciencia ambiental.
- Durante el tiempo de investigación se recolectó un total de 1266 especímenes de macroinvertebrados distribuidos en 22 Familias, en el P1 (Laguna de Salayambo) la especie más representativa pertenece a la Familia Hyalellidae que corresponde al Orden Amphipoda, en el P2 (Hacienda Noelanda) predominan las Familias Leptoceridae e Hydrobiosidae del Orden Trichoptera, siendo representativos por ser grupos intolerantes a la contaminación y en el P3 (Barrio Saragosín), las especies con mayor abundancia pertenecen al Orden Oligochaeta; Familia Lumbricidae, Orden Gastrópoda; Familia Physidae y Orden Ephemeroptera; Familia Baetidae es importante tomar en cuenta que esta Familia es considerada como individuos tolerantes a la contaminación y puede vivir en aguas moderadamente contaminadas a muy contaminadas.
- En los puntos de monitoreo con respecto al índice BMWP/col, el punto (1) y (2) de estudio muestran una calidad de agua Dudosa correspondientes a Aguas Moderadamente Contaminadas, mientras que el punto (3) exhibe una calidad Crítica es decir son Aguas Muy Contaminadas. Según el índice ABI el punto (1) y (2) presenta una calidad de agua Regular con excepción del punto (3)

siendo Mala. En cuanto al índice EPT revela que la calidad del recurso hídrico es Buena en la Hacienda Noelanda mientras que la Laguna de Salayambo y barrio Saragosín es Mala debido a la ausencia de bentos EPT y a factores asociados con la presencia de actividades antrópicas. De acuerdo al índice Shannon-Weaver los 3 puntos de estudio muestran una diversidad media, correspondiendo a un ambiente alterado.

- Los índices biológicos BMWP/COL, ABI y EPT, muestran una ligera relación con el índice de calidad de agua (ICA NSF), con excepción del P3 perteneciente al Barrio Saragosín donde el análisis biológico, en los dos meses (noviembre-diciembre) de estudio genera como resultado que la calidad de agua es crítica correspondiente a aguas muy contaminadas, mientras que en el índice ICA NSF en el mes de noviembre da como resultado aguas regularmente contaminadas.
- De los análisis físico-químico y microbiológico el cual consta de 9 parámetros, se determina que en los 3 puntos de estudio en lo referente a nitratos, sólidos disueltos totales y pH tienen valores que cumplen con los parámetros establecidos por la normativa ecuatoriana, la temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno y fosfatos no aplica a la normativa, mientras que la concentración del oxígeno disuelto excede los límites permisibles. Con respecto a los análisis microbiológicos se evidencia una alta concentración de coliformes fecales en los P2 y P3 debido a las descargas directas de los excrementos humanos y animales hacia el río.

18 RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar continuamente los macroinvertebrados acuáticos en estudios de cuerpos hídricos ya que son bioindicadores que permiten evaluar la calidad del agua, debido a su simplicidad por el nivel taxonómico requerido (clase-orden-familia), además de ser un método fiable, económico y de fácil aplicación.
- Realizar los muestreos en diferentes épocas del año para conocer si existe variabilidad en cuanto a la presencia o ausencia de macroinvertebrados acuáticos y entender el comportamiento de dichas comunidades bentos.

- Dar a conocer a las autoridades competentes sobre los resultados obtenidos de la calidad de agua del río Illuchi, con el fin de que se realicen monitoreos constantes de este recurso y actividades que permitan generar concientización en las comunidades aledañas para conservar los recursos naturales en zonas que están siendo amenazadas especialmente por las actividades antrópicas.
- Finalmente realizar monitoreo de forma continua, tomando en cuenta los diversos indicadores biológicos, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lo cual es indispensable para la gestión adecuada del recurso hídrico, permitiendo tener una visión clara sobre la contaminación del río y promover el desarrollo de acciones para su conservación y protección.

19 BIBLIOGRAFÍA

- Adam, W., & Bauder, J. (sf). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%2012-11-15-SP.pdf
- Arroba, T., & Monserrath, A. (2013). *Evaluación de la calidad del agua en la parroquia San Pablo del Lago, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura, utilizando un cromatógrafo de intercambio iónico con supresión química, previamente validado el método APHA 4110*. Imbabura: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7391>.
- Arroyo, C., & Encalada. (s.f). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS EN RÍOS TROPICALES EN BOSQUE DE NEBLINA MONTANO. *Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, USFQ*, 11-14. Obtenido de file:///D:/Downloads/4-Texto%20del%20art%C3%ADculo-7-1-10-20150623.pdf
- Bispo, P., & Olivera, L. (2007). Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. . *Revista Brasileira de Zoologia*, 283-293.
- Bolaños , J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. doi:DOI: 10.18845/tm.v30i4.3408
- Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita, H., Parra, G., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 13(1), 41-49. doi:<https://doi.org/10.21676/23897864.2405>
- Campos Pinilla, C. (s.f). Indicadores de contaminación fecal en aguas. En *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (págs. 224-228). RIPDA-CYTED. Obtenido de http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreos acuáticos: Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Quito-Ecuador: EcoCiencia.
- Castellanos, M. (2016). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILLUCHI EN TRES PUNTOS, PROVINCIA DE COTOPAXI PERÍODO 2015*. Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3241/1/T-UTC-00508.pdf>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz , D. (2014). “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124. doi: <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

- Chang, J. (2015). *Calidad de Agua*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito Registro Oficial 449, Ecuador.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2018). *Macroinvertebrados Acuáticos*. Republica de Colombia: mediosdigitales.
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 181-205. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Durán, L. (2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICOS. *DINÁMICA AMBIENTAL*, 83-101. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>
- ECOFLUIDOS INGENIEROS, S. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Lima: FLODM.
- Egler, M., Buss, D., & Moreira, J. B. (2012). Influencia de la agricultura, uso de la tierra y los plaguicidas sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en una cuenca agrícola en el Sudeste de Brasil. (Vol. 72). *Brasil: Braz J Biol*.
- Escobar, A., & Montoya, Y. (2019). LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN UNA QUEBRADA ANDINA, ANTIOQUIA-COLOMBIA. *REVISTA POLITÉCNICA*, 15(29). Obtenido de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1477/1225>
- Espinoza, T. M., & Rodriguez, C. (2016). Nota técnica: Índice de calidad del agua (ICA), de los ríos Aroa y Yaracuy de los estados de Falcón y Yaracuy, en Venezuela. *Revista INGENIERÍA UC*, 23(3), 381-386. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70748810015.pdf>
- Fernández, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad ecológica de los ríos*. obtenido de Página de información ambiental: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.
- Figueroa, R. (2003). *Invertebrados como indicadores de calidad de agua*. EULA-Chile: Centro de Ciencias Ambientales.
- Fuentes de la Contaminación del Agua. (2016). *CK-12 Foundation*, Obtenido: <https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espa%c3%b1ol/section/12.27/>.
- Gelambi, M. (20 de diciembre del 2018). *¿Qué es el índice de Shannon y para qué sirve?* Recuperado el 31 de Enero de 2021, de Lifereder: <https://www.lifereder.com/indice-de-shannon/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL BELISARIO QUEVEDO 2015 - 2019*. Belisario Quevedo. Obtenido de

https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2018/01/PDYOT_FINAL_2018.pdf

- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(1), 97-107. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169427489003.pdf>
- González, C., Vallarino, A., Pérez, J. C., & Low, A. (2014). *BIOINDICADORES: GUARDIANES DE NUESTRO FUTURO AMBIENTAL*. Impreso y hecho en México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2019). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos*. Cuenca: Etapa, .
- Gutierrez, J. B., & García, J. M. (2014). Resumen metodológico: un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICA_sp 2014). *Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (INRH)*, 14.
- HANNA instruments. (s.f). Demanda química de oxígeno y materia orgánica. Obtenido de http://www.hannaarg.com/pdf/002DQO_nota_tecnica.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Quito-Ecuador. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- López, J. C., & López, P. (2013). *Biological Monitoring Working Party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos*. Cuba: Ciencias en su Pc.
- Moya, N., Gibon, F.-M., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2010). COMPARACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN RÍOS INTERMITENTES Y PERMANENTES DEL ALTIPLANO BOLIVIANO: IMPLICACIONES PARA EL FUTURO CAMBIO CLIMÁTICO. *Ecología Aplicada*, 8, 105-114. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=34112150012>
- Orjuela, L. (2013). Hoja Metodológica del indicador Demanda Bioquímica de Oxígeno en las masas de agua por estación (Versión 1,00). *Indicadores Ambientales*. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.
- Orlatey, A., & González, D. (2018). DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO Y LA CALIDAD DE AGUA UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES. *DINÁMICA AMBIENTAL*, 9-25. Obtenido de [file:///D:/Downloads/5768-Texto%20del%20art%C3%ADculo-12384-1-10-20191203%20\(16\).pdf](file:///D:/Downloads/5768-Texto%20del%20art%C3%ADculo-12384-1-10-20191203%20(16).pdf)
- Padrillo, B. (2016). Parámetros de control del agua potable. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

- Palacios, C. (2013). DISTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL ÁREA MARINA DE LA COSTA ECUATORIANA EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABÍ. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO*, 59-63. Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_6.pdf
- Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos*. Chile: Director del Laboratorio de Macroinvertebrados en el Departamento de Ecología y Medio Ambiente, del Instituto de.
- Pérez, G. (2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. Colombia: Grupo de Investigación de Limnología y Recursos Hídricos, Universidad Católica de Oriente.
- Pérez, R. (2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- Quispe, S. (2014). *Evaluación de la Calidad de Agua en los diferentes puntos de descarga de la Cuenca del Río Suches*. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramírez, A. (2010). *Métodos de recolección*. Instituto para Estudios de Ecosistemas Tropicales, Universidad de Puerto Rico.
- Ricón, J., Merchán, D., Rojas, D., Sparer, A., & Zárate, E. (2016). *Los macroinvertebrados de los ríos del Parque Nacional Cajas*. Universidad del Azuay. Cuenca.: Don Bosco, .
- Ríos, S., Aguedo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. 35(2). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
- Roldán Pérez, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Obtenido de https://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua
- Roldán, G. (1999). Los Macroinvertebrados y su valor como Indicadores de la Calidad del Agua. *Revista Académica Colombia*, 376-387. Obtenido de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30389621/375-387.pdf?1357096259=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLos_macroinvertebrados_y_su_valor_como_i.pdf&Expires=1613919216&Signature=GOodNgCY3Gdqo8x97ndj24qds2RLSzm8SbGhPSLDX9HpERoQ0wqlU21EYMeI

- Rueda, F., Arboleda, W., & Perez, N. (2017). *LA CALIDAD DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS ACUEDUCTOS DE LAS ÁREAS URBANAS DEL DEPARTAMENTO DEL META, COLOMBIA*, Investigaciones Andina, vol. 19, núm. 35, 2017.
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Artega, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). INVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL PERÚ. *Ecología Aplicada*, 150-156. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v17n2/a16v17n2.pdf>
- Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). (2015). Quito: Registro Oficial Edición Especial n° 387, Ecuador.
- Todelo, M., & Mendoza, B. (2016). *Estudio de la calidad de agua utilizando Bio-indicadores, en microcuenca del Río Chimborazo(EC)*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- UNESCO. (2017). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Obtenido: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-36-industrial-wastewater/>.
- Villa, M. (2011). Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. UNIVERSIDAD DE CÁDIZ. Obtenido de <https://docplayer.es/64851035-Evaluacion-de-la-calidad-del-agua-en-la-subcuenca-del-rio-yacuambi-propuestas-de-tratamiento-y-control-de-la-contaminacion.html>
- WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París, UNESCO. Obtenido de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

20 ANEXOS

Anexo A. Aval de Traducción



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: CHICAIZA SARZOSA DIANA CAROLINA y GALLO LEMA JEANETH NATALY**, cuyo título versa **“DETERMINATION OF WATER QUALITY BY MEANS OF BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE ILLUCHI RIVER, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE, DURING 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,

Mg. C Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050324641-5

1803027935 Firmado
1803027935 digitalmente por
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA CENTRO DE IDIOMAS
ROMERO GARCIA
GARCIA Fecha: 2021.03.09
11:06:09 -05'00'

Anexo B. Ficha de campo de los meses de noviembre, diciembre y enero

Tabla 22.

Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Laguna de Salayambo

NOVIEMBRE									
INFORMACIÓN GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/11/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -17:00		TEMPERATURA:	9 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		23/11/2020		CAUDAL:		0,32 m³/s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X	787263	Y	9897241	ALTITUD	3840	Laguna de Salayambo	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	75	7	6	-	1,70	
2.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	6	9	8	6		
3.-	Insecta	Ephemera	Baetidae	9	7	4	9		
4.-	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	12	7	5	-		
5.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	3	8	8	3		
	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	10	6	5	-		
TOTAL				115	44	36	18		
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	16%		

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 23.

Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Hacienda Noelanda

NOVIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/11/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -17:00		TEMPERATURA: 15 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		23/11/2020		CAUDAL:		0,14 m³/s		RESPONSABLES: Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X 778042		Y 989836		ALTITUD 3428		Hacienda Noelanda
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	6	9	8	6	1,64
2.-	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	15	7	5	-	
3.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	100	8	8	100	
4.-	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	9	6	5	-	
5.-	Insecta	Coleóptera	Elmidae	6	6	5	-	
6.-	Insecta	Coleóptera	Dryopidae	3	7	5	-	
7.-	Insecta	Diptera	Psychodidae	6	7	3	-	
TOTAL				145	50	39	106	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	73%	

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 24.

Número de especies encontradas en el mes de noviembre en el Barrio Saragosín

NOVIEMBRE									
INFORMACIÓN GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/11/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -17:00		TEMPERATURA:	13 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		23/11/2020		CAUDAL:		0,90 m³/s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X	772933	Y	9896495	ALTITUD	2962	Barrio Saragosín	
TAXONOMÍA					ÍNDICES				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Insecta	Ephemera	Baetidae	3	7	4	3	2,25	
2.-	Anélido	Oligochaeta	Tubificidae	9	1	1	-		
3.-	Fosaria	Gastrópoda	Lymnaeidae	24	3	3	-		
4.-	Pseudosuccinea	Gastrópoda	Physidae	30	3	3	-		
5.-	Insecta	Coleóptera	Phylalidae	3	5	4	-		
6.-	Anélido	Coleóptera	Lumbricidae	60	1	1	-		
7.-	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	15	3	3	-		
TOTAL				144	23	39	3		
RESULTADOS:					CRÍTICA	REGULAR	2%		

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 25.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Laguna de Salayambo

DICIEMBRE									
INFORMACIÓN GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		20/12/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -16:00		TEMPERATURA:	9 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		21/12/2020		CAUDAL:		0,29 m ³ /s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X	787263	Y	9897241	ALTITUD	3840	Laguna de Salayambo	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	59	7	6	-	1,78	
2.-	Insecta	Diptera	Simuliidae	9	8	5	-		
3.-	Platelmintos	Triclarida	Planariidae	24	7	5	-		
4.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	30	9	8	6		
5.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	3	8	8	6		
TOTAL				104	39	32	12		
RESULTADOS:					DUDOSA	MALO	11%		

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 26.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Hacienda Noelanda

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	20/12/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:	09:00 -16:00		TEMPERATURA:	12 °C	
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	21/12/2020		CAUDAL:	0,19 m ³ /s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth	
COORDENADAS:	X	778042	Y	989836	ALTITUD	3428	Hacienda Noelanda	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Diptera	Simuliidae	6	8	5	-	2,14
2.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	12	7	5	-	
3.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	12	9	8	12	
4.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	60	8	8	60	
5.-	Insecta	Ephemera	Baetidae	6	7	4	6	
6.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesidae	15	6	5	-	
7.-	Insecta	Ephemera	Oligoneuriidae	3	10	10	3	
TOTAL				114	50	45	81	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	71%	

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 27.

Número de especies encontradas en el mes de diciembre en el barrio Saragosín

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:		20/12/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -16:00		TEMPERATURA: 14 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		21/12/2020		CAUDAL:		0,70 m³/s		RESPONSABLES: Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X 772933		Y 9896495		ALTITUD 2962		Barrio Saragosín
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Diptera	Simuliidae	12	7	5	-	2,26
2.-	Platelmintos	Triclarida	Planariidae	25	1	5	-	
3.-	Insecta	Ephemera	Baetidae	24	3	4	24	
4.-	Pseudosuccinea	Gastrópoda	Physidae	33	3	3	-	
5.-	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	6	1	3	-	
6.-	Insecta	Diptera	Tabanidae	3	3	4	-	
TOTAL				144	23	24	24	
RESULTADOS:					CRÍTICA	MALO	23%	

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 28.

Número de especies encontradas en el mes de enero en la Laguna de Salayambo

ENERO											
INFORMACIÓN GENERAL											
FECHA DE RECOLECCIÓN:		17/01/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -16:00		TEMPERATURA:	8 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		18/01/2021		CAUDAL:		0,27 m³/s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth		
COORDENADAS:		X		787263		Y		9897241	ALTITUD	3840	Laguna de Salayambo
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES						
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER			
1.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesiidae	12	6	5	-	2,37			
2.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	30	7	5	-				
3.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	27	8	8	27				
4.-	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	15	7	6	-				
5.-	Insecta	Ephemera	Leptophlebiidae	3	9	10	3				
6.-	Insecta	Diptera	Blephariceridae	1	10	10	-				
7.-	Insecta	Diptera	Simuliidae	9	8	5	-				
TOTAL				97	55	49	30				
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	31%				

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 29.

Número de especies encontradas en el mes de enero en la Hacienda Noelanda

ENERO									
INFORMACIÓN GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		17/01/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -16:00		TEMPERATURA:	13 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		18/01/2021		CAUDAL:		0,16 m³/s		RESPONSABLES:	Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth
COORDENADAS:		X	778042	Y	989836	ALTITUD	3428	Hacienda Noelanda	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesiiidae	36	6	5	-	1,93	
2.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	15	7	5	-		
3.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	150	8	8	150		
4.-	Insecta	Diptera	Simuliidae	30	8	5	-		
5.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	9	9	8	9		
6.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	15	2	2	-		
7.-	Insecta	Diptera	Tabanidae	3	5	4	-		
TOTAL				258	45	37	159		
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	62%		

Elaborado por: Equipo Investigador

Tabla 30.

Número de especies encontradas en el mes de enero en el Barrio Saragosín





ENERO									
INFORMACIÓN GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		20/12/2020		HORA DE RECOLECCIÓN:		09:00 -16:00		TEMPERATURA:	15 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		21/12/2020		CAUDAL:		0,45 m³/s		RESPONSABLES:	
								Chicaiza Diana, Gallo Jeaneth	
COORDENADAS:		X		772933		Y		9896495	
								ALTITUD	2962
								Barrio Saragosín	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesiiidae	24	6	5	-	2,80	
2.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	30	2	2	-		
3.-	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	12	3	3	-		
4.-	Insecta	Coleóptera	Elmidae	9	6	5	-		
5.-	Insecta	Ephemera	Baetidae	50	7	4	50		
6.-	Pseudosuccinea	Gastrópoda	Physidae	27	3	3	-		
7.-	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	39	1	1	-		
8.-	Insecta	Diptera	Tipulidae	12	3	5	-		
TOTAL				203	31	28	50		
RESULTADOS:					CRÍTICA	MALO	24%		

Elaborado por: Equipo Investigador

Anexo C. Descripción de Bioindicadores

Tabla 31.

Guía de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Illuchi

TAXONOMIA	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
<p>CLASE Malacostraca ORDEN Amphipoda 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, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)</p>	
<p>CLASE Insecta ORDEN Trichoptera FAMILIA Hydrobiosidae</p>	<p>Las larvas tienen las patas anteriores modificadas para la captura de presas. La tibia, tarso y uña se cierran a modo de una pinza gruesa sobre una proyección distal del fémur. Meso y metanoto totalmente membranosos (sin escleritos dorsales). Terguito abdominal IX esclerotizado. Pseudopatas anales alargadas y libres del segmento abdominal IX. Uña de la pseudopata anal larga. Todas las larvas son depredadoras de otros macroinvertebrados. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)</p>	
<p>CLASE Turbellaria ORDEN Tricladida FAMILIA Planariidae</p>	<p>Miden entre 2,6 mm y 3,7 mm. Presentan colores grises, pardos, amarillentos o blancos, el cuerpo es plano y alargado. Poseen una cabeza marcadamente triangular, con dos ojos y además dos proyecciones auriculares prominentes y móviles a cada lado. (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2018)</p>	
<p>CLASE Insecta ORDEN Trichoptera FAMILIA Leptoceridae</p>	<p>Son de tamaño medio a grande (5-20 mm), presencia de antenas cortas, metanoto compuesto por 3 escleritos, una placa central grande y dos laterales, trocanter de la pata posterior no alargado, uña de la pseudopata anal curvada, sin ángulos, diente accesorio de la pseudopata anal, más corto que la uña, construyen estuches tubulares largos de seda y granos de arena. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)</p>	

CLASE

Insecta

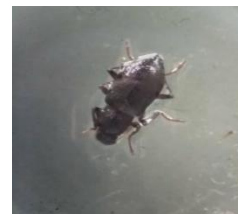
ORDEN

Coleóptera

FAMILIA

Elmidae

Esta familia agrupa a los llamados “escarabajos de los rápidos” frecuentes zonas de corriente en arroyos y ríos, aunque algunas especies pueden habitar también lagos y estanques. Tienen antenas filiformes o clavadas, cuerpo cubierto por una densa pubescencia fina, coxas anteriores transversales, troncantin expuesto. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)

**CLASE**

Turbellaria

ORDEN

Tricladida

FAMILIA

DugesIIDae

El género *Dugesia* incluye alrededor de 75 especies, todas con apariencia similar: una cabeza triangular con dos ojos y un cuerpo aplanado y elongado. Las diferentes especies se clasifican en base a la morfología de su aparato copulatorio. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)

**CLASE**

Insecta

ORDEN

Coleópteros

FAMILIA

Dryopidae

Familia muy emparentada con los Elmidae. Los adultos, pueden ser fácilmente confundidos con los elmidae de la subfamilia Larainae. Cuerpo glabro a pubescente, el tamaño en adultos es pequeño y suelen ser de colores oscuros; cabeza parcialmente retráctil en el protórax, antenas cortas y ocultas con una maza pectinada (en forma de peine) de 6 o más segmentos. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)

**CLASE**

Fosaria

ORDEN

Gastrópoda

FAMILIA

Lymnaeidae

La Familia Lymnaeidae se caracteriza por presentar conchillas de espira bien desarrolladas, alta y aguda. Además, presenta tentáculos anchos, aplanados y triangulares a diferencia de otras Familias donde son alargadas y finos. Este grupo prefiere las aguas profundas lóxicas y lénticas. (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016)

**CLASE**

Insecta

ORDEN

Diptera

FAMILIA

Psychodidae

La mayoría de larvas son acuáticas. La cabeza se encuentra fuertemente esclerotizada, anfipneústica. En esta Subfamilia los espiráculos posteriores están en el ápice de un sifón respiratorio y rodeado de lóbulos con setas. El cuerpo no presenta prolongaciones o pseudópodos, los segmentos torácicos y abdominales



están subdivididos formando un anillo. (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016)

CLASE
Insecta
ORDEN
Lepidóptera
FAMILIA
Phyalidae

Las larvas son alargadas y más o menos cilíndricas, el tamaño varía entre 3 mm y 10,95 mm. La cabeza es prognata y esclerotizada, los ojos son simples, las piezas bucales están dirigidas hacia abajo o hacia delante, según la Subfamilia y las mandíbulas están bien desarrolladas. Tórax con numerosas agallas filamentosas o sin ellas, localizadas en posición dorsolateral, poseen 3 pares de patas con 5 segmentos y uñas fuertes en el extremo. Abdomen con 10 segmentos, propatas abdominales rodeadas de ganchos curvos (crochets) en posición ventral, también poseen propatas anales (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2018).



CLASE
Anélido
ORDEN
Oligochaeta
FAMILIA
Tubificidae

Generalmente largos, con cuerpo segmentado y fino. Los oligoquetos viven más comúnmente en aguas tranquilas. Se les puede encontrar en grandes cantidades principalmente donde existe un sedimento suave. A simple vista se ven muy similares a las lombrices de tierra que puedes encontrar en el patio de tu casa (Palma, 2013).



CLASE
Anélido
ORDEN
Oligochaeta
FAMILIA
Lumbricidae

A este grupo de organismos se los conoce comúnmente como lombrices. Presentan un tamaño variable, desde muy pequeños hasta alcanzar el tamaño de una lombriz de tierra. Se distinguen por ser gusanos cilíndricos con múltiples segmentos que lucen como anillos, los cuales presentan quetas dorsales para su locomoción. (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016)



CLASE
Hirudinea
ORDEN
Rhynchobdellida
FAMILIA
Glossiphoniidae

Organismos aplanados dorsiventralmente, comúnmente conocidos como sanguijuelas, su cuerpo está compuesto por 34 segmentos en forma de anillos y presentan dos ventosas en ambos extremos del cuerpo, las cuales sirven tanto para fiarse en el sustrato como para adherirse a sus presas. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)



CLASE
Insecta
ORDEN
Diptera
FAMILIA
Simuliidae

Larvas con forma de cuerpo cilíndrico 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, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)



CLASE
Insecta
ORDEN
Ephemeroptera
FAMILIA
Baetidae

Los baétidos son una Familia muy diversa en países neotropicales. Son insectos pequeños o medianos en los que las ninfas tienen cuerpos modificados para nadar o arrastrarse. Presentan antenas largas, dos o más veces el tamaño de la cabeza, también ocelos laterales ubicados posteriormente a la sutura epicraneal. El clípeo no está fusionado a la frente, presentan branquias abdominales ovales, compuestas por una única lámina. (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016)



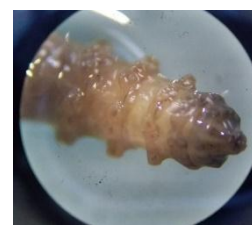
CLASE
Pseudosuccinea
ORDEN
Gastropoda
FAMILIA
Physidae

Posee una concha alargada sin opérculo, con la abertura hacia el lado izquierdo. Su clasificación a nivel genérico para América del Sur no ha llegado a un consenso, ya que la diagnosis de los géneros utilizando las conchas no es clara, debido a la ausencia de caracteres distintivos. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)



CLASE
Insecta
ORDEN
Diptera
FAMILIA
Tabanidae

Larvas alargadas, con espiráculos posteriores (respiración metapneústica). Cuerpo sin apéndices ni propatas en los segmentos torácicos, pero con anillos de pequeños tubérculos o pseudópodos en los segmentos del abdomen (Ricón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016)



CLASE
Insecta
ORDEN
Diptera
FAMILIA
Blephariceridae

Las larvas son de tamaño, formas y colores variables, no poseen patas verdaderas (articuladas) pero pueden tener varios pares de expansiones o apéndices locomotores llamados falsas patas o propatas. Algunas toman el oxígeno del agua a través del tegumento del cuerpo o de branquias (respiración apnéustica), mientras otras lo hacen a través de espiráculos abdominales ubicados en el extremo del abdomen o en tubos respiratorios de diversa longitud (respiración metapnéustica). Finalmente, otras larvas tienen dos pares de espiráculos, uno en el abdomen y otro en el tórax (respiración anfneústica) (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)



CLASE
Insecta
ORDEN
Diptera
FAMILIA
Chironomidae

Larvas con tamaño muy variado, desde pocos milímetros hasta más de 20, la cápsula craneal es completa bien quitinizada, no retráctil sobre el tórax. Poseen 12 segmentos corporales, cuerpo generalmente cubierto de setas o pelos dispuestos en hileras, mechones o distribuidos irregularmente. Presentan un par de parápodos anteriores sobre el primer segmento torácico y un par de parápodos posteriores en el último segmento abdominal que soportan espinas o uñas de variada forma, con bordes lisos o aserrados. (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)



CLASE
Insecta
ORDEN
Diptera
FAMILIA
Tipulidae

Larvas de cuerpo alargado y cilíndrico, color oscuro, con cápsula cefálica desarrollada, aunque usualmente suele estar retraída y oculta en los segmentos del tórax, por lo que no es visible externamente, últimos segmentos abdominales pueden llevar cortos lóbulos anales carnosos, Espiráculos posteriores presentes y ubicados en el extremo posterior del cuerpo y rodeados de un disco espiracular conformado por seis lóbulos que portan pelos hidrófobos (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2019)




Elaborado por: Equipo Investigador

Anexo D. Resultados del Laboratorio

Ilustración 6.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Laguna de Salayambo del mes de noviembre



INFORME DE RESULTADOS

RC3B-06 N°. 20-409
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	0,00 ^(*)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	4,43 ^(*)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	8 ^(*)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,537 ^(*)

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
^(*) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Ilustración 7.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Hacienda Noelanda del mes de noviembre



INFORME DE RESULTADOS

RC3B-06 N°. 20-410
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	0,00 ^(*)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	3,96 ^(*)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	8 ^(*)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,465 ^(*)

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
^(*) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE


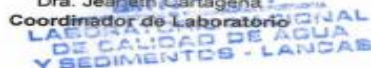

 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Ilustración 8.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos del Barrio Saragósín en el mes de noviembre

INAMHI
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06 N°. 20-411
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	0,00 ^(*)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	2,62 ^(*)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	12 ^(*)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C.	mg/L	0,662 ^(*)

* Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*
** Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE*


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio
 LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Ilustración 9.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Laguna de Salayambo en el mes de diciembre

INAMHI
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06 N°. 20-411
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	0,00 ^(*)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	2,62 ^(*)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	12 ^(*)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C.	mg/L	0,662 ^(*)

* Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*
** Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE*


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio
 LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Ilustración 10.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos de la Hacienda Noelanda en el mes de diciembre

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06

N°. 20-517

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	0,15 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	4,68 ^{(a)(1)}
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	15 ^(a)
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	140,0
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,000 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE[™]

⁽¹⁾ Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra*

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Ilustración 11.

Resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos del Barrio Saragosín en el mes de diciembre

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06

N°. 20-518

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	0,02 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	5,36 ⁽¹⁾
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	11 ^(a)
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	96,0
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,000 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE[™]

⁽¹⁾ Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra*

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Anexo E. Registro Fotográfico

Fotografía 1.

Recaudación de las muestras de agua para el correspondiente análisis físico-químico y microbiológico



Fotografía 2.

Medición del caudal



Fotografía 3.

Muestra de Macro invertebrados en río Illuchi



Fotografía 4.

Análisis de los parámetros en el laboratorio



Fotografía 5.

Identificación y clasificación de los macro invertebrados acuático



Anexo F. Curriculum Vitae del Tutor del Proyecto

1.- DATOS PERSONALES



APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS

NOMBRES: MANUEL PATRICIO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SALCEDO, 24 DE SEPTIEMBRE DE 1965

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: CIUDADELA LAS ACACIAS – FICOA – AMBATO.

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 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	CÓDIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y QUÍMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233

	LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA		
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	03 DE JUNIO 2017	1020-03-399385

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.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde Abril 2001 hasta la actualidad
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.

4.- CARGOS DESEMPEÑADOS

- ❖ Gerente de Producción y Comercialización del Grupo Camaronero CEGAL, Prov. Del Oro. Enero 1999 - 2001
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde abril 2001 – 2017.
- ❖ 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.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la UTC desde octubre 2016.

5.- PONENCIAS

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil.

- Ponente en el Seminario Científico Internacional de Medio Ambiente. 2017
- Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- 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 en la construcción colectiva de un aula virtual.
- Determinación de los contaminantes productos de la combustión del parque automotor de Latacunga.
- Evaluación del gen 18s, como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epilípticas.
- Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, la Mana.
- Panelista sobre manejo de ecosistemas y biodiversidad.
- Determinación de los contaminantes en fuentes fijas en las empresas embutidos don Jorge y productos lácteos san Enrique, provincia de Cotopaxi, Ecuador.

6.- 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.
- Seminario de Actualización de conocimientos F-CAREN 18_18 y 18_19.

7.- PROYECTOS REALIZADOS

- 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 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 Pujili. 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
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Determinación de la calidad del agua del río Cutuchi por medio de bioindicadores. 2018
- Determinación de los niveles de eutrofización del agua del río Cutuchi. 2018
- Determinación de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi. 2018
- Director y Asesor de Tesis de la F. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado

8.- ARTÍCULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.
- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O₂, CO₂, CO, NO_x Y SO₂ EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA

Anexo G. Curriculum Vitae del Equipo Investigador

DATOS PERSONALES



APELLIDOS: Gallo Lema

NOMBRES: Jeaneth Nataly

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0503844326

ESTADO CIVIL: Soltera

FECHA DE NACIMIENTO: 06/06/1998

LUGAR DE NACIMIENTO: Salcedo

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Parroquia Mulliquindil-Barrio Palama

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0980431917

E-MAIL: jeaneth.gallo4326@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	Escuela Fiscal Mixta “General Rumiñahui Palama”
SECUNDARIA	Escuela Fiscal Mixta “General Rumiñahui Palama” Unidad Educativa “Nacional Salcedo”
TÍTULO OBTENIDO	Bachiller en “Ciencias”
INSTITUCIÓN SUPERIOR	Universidad Técnica De Cotopaxi – Campus Salache

C ARGOS DESEMPEÑADOS

- Pasante en la Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del Gad Municipal del Cantón Salcedo.
- Pasante en la Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del Gad Municipal del Cantón Salcedo en la Unidad de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos y Control Ambiental.

CURSOS/TALLERES REALIZADOS

- Certificado de participación en el Foro: “Los Recursos Hídricos en la provincia de Cotopaxi”, evento realizado por la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi, desarrollado el 22 de marzo del 2018.
- Certificado de Cumplimiento del curso en línea de INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE UN CC: LEARN, desarrollado el 28 de junio del 2018, con una duración de 12 horas.
- Participación como ASISTENTE en la: “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”, que se llevó a cabo del 5 a 7 de febrero del 2020, en la Casa de Cultura Núcleo de Cotopaxi, con una duración de 40 horas.
- Certificado de participación en el “I CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA”, realizado del 24 al 26 de agosto 2020.

DATOS PERSONALES



APELLIDOS: Chicaiza Sarzosa

NOMBRES: Diana Carolina

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0550245013

LUGAR: Latacunga

FECHA DE NACIMIENTO: 04 de julio de 1996

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Ciudadela Nueva Vida Calle Dapsano

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0999838418

E-MAIL: diana.chicaiza5013@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	Escuela “Elvira Ortega”
SECUNDARIA	Unidad Educativa Particular “Hermano Miguel”
TÍTULO OBTENIDO	Bachiller en “Ciencias”
TERCER NIVEL	Universidad Técnica de Cotopaxi – Campus Salache

EXPERIENCIA LABORAL

- Practicas Pre-profesionales en la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi Provincia de Cotopaxi, Agosto 2019 – Enero 2020.

CARGOS DESEMPEÑADOS

- Pasante en el área de Calidad Ambiental en la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi Provincia de Cotopaxi.

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Participación en el taller de capacitación denominado “REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE”, dictado por la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi el día 3 de septiembre de 2019 con una duración de 8 horas.
- Participación en la CAPACITACION A LOS SUJETOS DE CONTROL EN PLANES DE MANEJO AMBIENTAL, PLANES DE ACCION, PLANES DE EMERGENCIA, INFORMES DE CUMPLIMINETO Y AUDITORIAS EN EL CANTON LATACUNGA, ENFOCADO EN LA EDUCACION SOBRE LOS PROBLEMAS DE CAMBIO CLIMATICO comprendido lo siguiente: MODULO 1 “PROBLEMAS AMBIENTALES” - MODULO2 “CAMBIO CLIMATICO”- MODULO3 “GUIA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES” en el Cantón Latacunga 2018, el día 21 del mes de noviembre con una duración de 8 horas.
- Participación como ASISTENTE en la: “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”, que se llevó a cabo del 5 a7 de febrero del 2020, en la Casa de Cultura Núcleo de Cotopaxi, con una duración de 40 horas.
- Participación en calidad de asistente al **Seminario Nacional Ambiental** desarrollado en la ciudad de Latacunga por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi y la Universidad Técnica de Cotopaxi